Über

die Anpassung der Süsswasseralgen

an

Kochsalzlösungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Facultät der Friedrich-Alexanders-Universität

zu Erlangen

vorgelegt von

Adolph Richter

aus Osterode a/Harz.

München.
Druck von Val. Höfling, Kapellenstrasse 3
1892.

Über

die Anpassung der Süsswasseralgen

an

Kochsalzlösungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Facultät der Friedrich-Alexanders-Universität

zu Erlangen

vorgelegt von

Adolph Richter

aus Osterode a/Harz.

München.
Druck von Val. Höfling, Kapellenstrasse 3
1892.

Seinen lieben Eltern

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535708_0128

Die Pflanzen, welche gewöhnlich am Meeresufer wachsen, sind schon früher in Bezug auf ihre Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Standortes und auch nach denjenigen Veränderungen, welche sie erleiden, wenn sie den Standort wechseln, studirt worden.

Pierre Lesage brachte zum ersten Mal in seinen „Recherches expérimentales sur les modifications des feuilles chez les plantes maritimes" Mittheilungen über eine Untersuchung, welche zugleich auch die Anatomie der Blätter mit inbegriff. Er fand, dass die Pflanzen, welche im Binnenlande gewachsen waren und am Meeresufer weiter cultivirt wurden, hier dickere Blätter bekommen, während umgekehrt der Wechsel vom Standort am Meere zu einem solchen im Binnenlande dünnere Blätter erzeugt. Die Nähe des Meeres hat demnach die Wirkung, gewisse Veränderungen in der Consistenz bestimmter Organe hervorzubringen, nur würde die Frage entstehen, ob das Meer für sich allein diese Veränderungen bewirkt, oder ob andere, mit dessen Gegenwart zusammenhängende Einflüsse sie begünstigen, und welcher Art die durch das Meer gebotenen Beeinflussungen sind.

Mag nun hier die physikalische Beschaffenheit und die chemische Zusammensetzung des Bodens, der Feuchtigkeitsgehalt desselben, ferner die Luftfeuchtigkeit, die Häufigkeit und Stärke der Winde etc. in Frage kommen, und mögen alle diese Factoren von starkem Einfluss auf die Beschaffenheit der Strandpflanzen sein, so wird immer eine Besonderheit des Standortes derselben, der hohe Gehalt an Chlornatrium, bei der Beurtheilung aller einschlägigen Fragen in den Vordergrund gestellt werden müssen. In Berücksichtigung dieses Umstandes wurden deshalb von Lesage Phanerogamen aus den verschiedensten Familien auf ihre Existenzfähigkeit in Chlornatriumlösungen geprüft; auch die vorliegende Arbeit hat den Zweck, der Wirkungsweise des Chlornatriums auf Süsswasseralgen näher zu treten und die Art der Anpassung solcher Algen an Kochsalz zu erörtern.

Lesage verglich 85 Pflanzenarten, welche am Meeresstrande gesammelt waren, mit Exemplaren der gleichen Species aus dem Binnenlande und kam, indem er zugleich den anatomischen Befund bei Vergleichung der Querschnitte der Blätter in Rechnung zog, zu folgenden Resultaten:

Bei 27 von den 85 untersuchten Arten fanden sich keine bemerkbaren Unterschiede, dagegen wurden bei 54 Arten der Strandexemplare dickere Blätter constatirt und vier Arten hatten im Binnenlande dickere Blätter erzeugt als am Strande. Nachdem es also ersichtlich war, dass eine Neigung zum Dickerwerden der Blätter bei den am Strande gewachsenen Individuen existirt, stellte Lesage vergleichende Culturen mit Pisum sativum, Linum grandiflorum und Lepidium sativum an und fand, dass Lepidium eine $2^1/_2$ procentige Chlornatriumlösung, die zum Begiessen verwendet wurde, ertrug, während Pisum und Linum nicht mehr wie $^1/_2$ % aushielten. [1])

Die anatomische Untersuchung der Blätter der drei Culturpflanzen ergab einen Befund, welcher zur Bestätigung der im Freien gemachten Erfahrungen diente. Die Anwesenheit von Kochsalz bewirkt also im Allgemeinen Verdickung der Blätter bei denjenigen Pflanzen, welche Chlornatrium überhaupt ertragen können. Das Fleischigwerden der Blätter beruht auf einer ungewöhnlichen Verlängerung der Palissadenzellen, eventuell auf Kosten des übrigen Mesophylls. Die Interzellularräume verkleinern sich dabei in den Küstenpflanzen. Eine weitere Veränderung betrifft das Chlorophyll.

Nicht immer freilich können Verschiedenheiten in Bezug auf die Menge und Ausbildung der Chlorophyllkörper constatirt werden, aber bei einer grösseren Anzahl der von Lesage untersuchten Pflanzenarten traten doch unter Salzwirkung Aenderungen im Chlorophyll auf; Cakile maritima zeigte z. B. viel kleinere Körner in den am Meere gewachsenen Individuen. Andere Pflanzen hatten unregelmässige (inégaux), wieder andere kleinere und dabei relativ nicht zahlreichere Körner.

Wenn es also überhaupt möglich ist, erkennt man in den am Meere gewachsenen Pflanzenindividuen eine Neigung, weniger Chlorophyll zu erzeugen. Hierzu mag noch erwähnt werden, dass „Costatin, La flore du littoral“ (Journal de botanique 1re année no. 3 p. 45) „un changement dans la nuance verte de la plante“ erwähnt, worüber

1) Ausser in Form von Lösungen wendete Lesage das Salz auch dem Erdboden beigemischt an; da aber die Wirkung desselben im letzten Falle schwächer ist, so können die erhaltenen Resultate für unseren Zweck übergangen werden.

Lesage schreibt: „Le changement dans la nuance verte est, d'après mes résultats, une tendence à la diminution de la chlorophylle dans les cellules du mésophylle des éschantillons les plus soumis à l'influence du sel marin."

Welche Combination von Bedingungen, unter denen obige drei Erscheinungen bei Pflanzen, die am Meer gewachsen oder in Salz cultivirt sind, die günstigste ist, dies wechselt von Art zu Art, so dass man nur durch umfassende Beobachtung oder geeignete Culturen darüber zur Klarheit gelangt. Ueber die Art und Weise indessen, wie das Chlornatrium bei den Phanerogamen wirkt, geben die Untersuchungen keinen näheren Aufschluss.

Von Interesse ist ferner eine Arbeit von C. J. de Freitag „Ueber die Einwirkung von concentrirten Kochsalzlösungen auf das Leben der Bacterien",[1]) in welcher experimentell nachgewiesen wird, dass Milzbrandbacillen in concentrirter Kochsalzlösung nach zwei Stunden abstarben, während die Grenze für ihr Wachsthum wie für die Keimung der Sporen bei einem Concentrationsgrad von über 7 % und unter 10 % lag. — Die Sporen selbst hingegen lebten noch nach sechs Monaten in gesättigter Chlornatriumlösung. Für die anderen in der Arbeit erwähnten Species mag der Kürze halber folgende Zusammenstellung dienen:

Cholerabacillen	lebten	in	7 %	Lösung	bis	6	Stunden,
Schweinerothlaufbacillen	„	„	„	„	„	2	Monate,
Typhusbacillen	„	„	„	„	„	6	„
Erysipelstreptococcen	„	„	„	„	über	2	„
Eiterstaphyloccen	„	„	„	„	„	5	„
Tuberkelbacillen	„	„	„	„	„	3	„

Aus der letzten Zahl geht hervor, dass die Lebensfähigkeit — und wohl auch das Infectionsvermögen — tuberculös veränderter Organe von perlsüchtigen Schlachtthieren durch hochprocentige Kochsalzlösungen nicht beeinträchtigt wird, selbst dann nicht, wenn das Salz während drei Monaten eingewirkt hat. — Diphtheriebacillen schliesslich bleiben mindestens drei Wochen lang in gesättigter Chlornatriumlösung unverändert.

Wie ersichtlich, bewegt sich hier die Fähigkeit Salz zu ertragen in weiteren Grenzen, und es finden sich im Vergleich zu dem bei Phanerogamen von Lesage gemachten Erfahrungen unter den Spaltpilzen mehrere Species, welche concentrirtere Lösungen von Koch-

1) Archiv für Hygiene 11. 60—85. Juli (März). Amsterdam.

salz zu ertragen vermögen, ja sogar solche, die in gesättigter Auflösung des Salzes einige Zeit fortleben können.

Hieraus scheint hervorzugehen, dass die auf niedrigen Stufen der Organisation stehenden Kryptogamen im Allgemeinen geeigneter sind in chlornatriumhaltigen Medien fortzubestehen als die Phanerogamen.

Auch mit Thieren sind bereits Versuche angestellt worden, welche u. a. ergaben, dass kleine Wasserkrebse lange Zeit in concentrirter und sogar in gesättigter Chlornatriumlösung leben konnten, und dass bei ihnen Anpassungserscheinungen der eigenthümlichsten Art auftreten. Die Krebse veränderten nämlich im Salzwasser die Gestalt ihrer Beine und der Anhängsel derselben.

Wenn demnach Wasser bewohnende Organismen verschiedenster Art sich an Salzlösungen zu gewöhnen vermögen und dabei theilweise morphologische Veränderungen erleiden, so hat es gewiss Interesse, auch den Erscheinungen der Anpassung an Kochsalz bei den Algen nachzugehen, um so mehr, als dabei die Frage im Hintergrunde steht, ob sich Anhaltspunkte dafür gewinnen lassen, dass die Meeresbewohner in Süsswasseralgen und umgekehrt übergeführt werden können.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung des Herrn Prof. Dr. A. Peter im botanischen Museum zu Göttingen während drei Semestern ausgeführt, und sei es mir an dieser Stelle gestattet, diesem meinem hochverehrten Lehrer für die unausgesetzt gütige Unterstützung, welche er mir bei der Ausführung meiner Arbeit zu Theil werden liess, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Die mir zur Verfügung stehende Zeit gestattete es leider nicht, zahlreichen, hier kaum berührten Fragen, welche während der Bearbeitung auftraten, weiter nachzugehen, so dass die Erörterung derselben späterer Zeit anheim gegeben werden musste.

Es gibt nicht viel Algenspecies, die gleichzeitig in den süssen Gewässern des Binnenlandes und in dem Meere auftreten.

Diese Thatsache ist um so auffälliger, als doch viele Algen durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden und das Brackwasser einen Uebergang von salzfreien Gewässern zum Meere bildet, der die Anpassung an die verschiedenen Medien vermitteln könnte.

Es ist nun auch schon versucht worden, Süsswasseralgen in Chlornatriumlösung zu cultiviren, wenngleich zu anderem Zwecke als demjenigen der Anpassung, und ohne Erfolg; so berichtet G. Klebs in seinem Aufsatz „Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzellen“, in

welchem von Wachsthumsvorgängen nach Plasmolyse, welche durch Glykose hervorgerufen wurde, die Rede ist, „in plasmolytisch wirkenden Lösungen von Salpeter, Chlornatrium gehen die Zellen[1]) in wenigen Tagen zu Grunde".

Wenngleich nun im Folgenden gezeigt wird, dass mehrere Algen des Süsswassers wohl geeignet sind, sogar im Winter, also während der den Culturen minder günstigen Jahreszeit, die im Meere gewöhnlich vorkommende Salzmenge und noch grössere Quantitäten zu ertragen, so muss man wohl annehmen, dass die Bedingungen, wie sie durch die Natur beim Uebergang von süssem Wasser in Seewasser den Algen geboten werden, diesen nicht zusagen, so dass sie alsbald zu Grunde gehen.

Die Zusammensetzung der Salze des Meerwassers ist für das Mittelländische Meer in 1000 Theilen folgende:

Chlornatrium . . .	29,424
Chlorkalium	0,505
Chlormagnesium . .	3,219
Magnesiumsulfat . .	2,477
Chlorcalcium . . .	6,080
Calciumsulfat . . .	1,357
Calciumcarbonat . .	0,114
Bromnatrium	0,556
Eisenoxyd	0,003
	43,735

Wie ersichtlich, herrscht das Chlornatrium in erheblichem Maasse vor, so dass man es bei den Culturen als Hauptfactor in den Vordergrund stellen muss. Die Versuche wurden demgemäss fast ausschliesslich mit Rücksicht auf Chlornatrium angestellt; späteren Culturen muss es vorbehalten bleiben, auch die übrigen in grösseren oder geringeren Mengen im Meerwasser vertretenen Salze bezüglich ihrer Einwirkungsweise auf Süsswasseralgen zu prüfen.

Bevor nun von dem Verhalten der untersuchten Algen in Salzlösung berichtet wird, soll die Art und Weise, wie die Culturen angesetzt und beobachtet wurden, mitgetheilt werden.

---

1) Die Arbeit erwähnt folgende Species: Zygnema, Spirogyra, Mesocarpus, Oedogonium-Arten, Chaetophora, Stigeoclonium, Conferva, Cladophora.

Bei Göttingen sind, wegen Mangels an grösseren Gewässern, Algen nicht überall zu finden und man muss, um stets frisches Material zur Hand zu haben, die wenigen vorhandenen Fundorte ausnutzen. Auf dem „Kleinen Hagen" liegen einige winzige Teiche, an deren Oberfläche eine Anzahl Algen, vor allem Tetraspora, einen dicken, gallertartigen Ueberzug bilden. Da die Vertheilung der Species in dieser Gallertmasse eine ungleichmässige ist, so war es nöthig, um für die zunächst anzusetzenden Culturen ein gleichartiges Material zu bekommen, welches alle vorhandenen Species in annähernd gleicher Quantität enthielte, eine Mischung vorzunehmen. Dieses Vermischen fand so statt, dass von verschiedenen Stellen des Vorraths möglichst kleine Partien entnommen und auf einem Teller durch einander gerührt wurden. Geschah dieses mehrere Mal nach einander, so war man einigermassen sicher, dass ein ziemlich gleichmässiges Gemisch hergestellt war.

Da aber das Verfolgen einer Species zwischen vielen anderen zum Theil ihr verwandten Arten immer mit Schwierigkeiten verknüpft ist, so wurden nach Thunlichkeit Reinculturen der zu untersuchenden Alge verwendet.

Wirkliche Reinculturen wurden, da sie nur schwierig in grösseren Quantitäten herzustellen sind, allerdings nur wenige erzielt, aber die Untersuchung war auch dann schon sehr erleichtert, wenn die Culturen nur wenige (2—3) Arten enthielten, zumal wenn diese, worauf besonders Gewicht gelegt wurde, gänzlich verschieden waren. Wenn also z. B. in der Cladophoracultur einige Diatomaceen sich aufhielten, so konnte darin kein Anstoss erblickt werden, der das Resultat des Versuches beeinträchtigen konnte.

Die Culturgläser waren 3 — 4 cm hoch und ca. 7 cm breit; sie wurden durch eine Glasplatte verschlossen. Die Flüssigkeitsmenge betrug meistens 50 ccm für etwa 2 g Algenmasse; wurden grössere Quantitäten der Alge auf einmal in Cultur genommen, so musste die Culturflüssigkeit entsprechend reichlich bemessen sein. Jeder Cultur wurden Nährsalze zugesetzt und zwar je 5 ccm von folgender Lösung auf 1 Liter Brunnenwasser:

Calciumnitrat	2,0
Kaliumdiphosphat	0,2
Magnesiumsulfat	0,2
Eisenchlorid	Spur
Wasser	200,0

Die angesetzten Culturen standen vor einem nach Süden gerichteten Fenster; durch einen Gazevorhang war dafür gesorgt, dass das directe Sonnenlicht im Sommer etwas abgeschwächt wurde.

Obige Bedingungen blieben stets die gleichen, um irgend welchen durch Veränderung derselben hervorgerufenen Beeinflussungen vorzubeugen.

Beim Beginn einer Cultur wurde zunächst eine möglichst genaue Zeichnung von allen in derselben vorkommenden Algenspecies mit Hilfe eines Zeichenprismas entworfen, ausserdem wurden Dauerpräparate angefertigt, welche der späteren Controlle dienen sollten. Alle im Verlauf der Beobachtung zu Tage tretenden Veränderungen wurden sofort beschrieben und wieder gezeichnet.

Die Ueberführung der Culturen aus schwachen in stärkere Salzlösungen geschah meist allmählich, immer wurde ein Theil der schwächeren Cultur zurückbehalten, um am Schluss die Uebergangsstadien und Resultate mit der ursprünglichen Form vergleichen zu können.

Es sei gleich hier auf einen Umstand hingewiesen, welcher bei allen beobachteten Algenarten gleichmässig auftrat und der deshalb um so mehr Beachtung verdient. Die Wirkung des Salzes war auf gleiche und in gleicher Weise behandelte Zellen der nämlichen Cultur nicht immer dieselbe, vielmehr fanden sich die verschiedensten Uebergangsstadien von der ursprünglichen bis zu der betreffenden endgiltig erlangten Anpassungsform. Dieser Umstand war in gewisser Beziehung sehr vortheilhaft für die Beobachtung, denn er erleichterte es wesentlich, die Uebergangsformen in einem Gesichtsfeld unter dem Mikroskop zu verfolgen.

Der Einfachheit halber werden im Nachstehenden die einzelnen Culturen nach der Zahl der Kochsalzprocente, welche in der Flüssigkeit enthalten waren, bezeichnet, so dass z. B. „Tetraspora 10“ diejenige Tetrasporacultur ist, welche sich in 10procentiger Salzlösung befindet.

Wie schon erwähnt wurde, erleiden manche Algen bei der Anpassung an Kochsalz grössere oder kleinere Veränderungen, und würde nun die Frage entstehen, zu welchem Zeitpunkt ein Stillstand dieser Veränderungen erreicht ist. Im Folgenden wird eine Alge immer dann als angepasst aufgefasst, wenn sie bei zwei aufeinander folgenden Untersuchungen, zwischen denen eine geraume (unten meist angegebene) Zeit lag, sich nicht mehr verändert hatte. — War es nöthig ein einzelnes Exemplar längere Zeit hindurch für sich, bezüglich der

Anpassungsvorgänge, zu verfolgen, so wurde zu Einzelculturen die Zuflucht genommen, von denen unten in einem besonderen Abschnitt die Rede sein soll.

Die mikroskopischen Beobachtungen wiederholten sich in Zeiträumen von 8 bis 14 Tagen; wichtigere Veränderungen aber wurden täglich oder stündlich verfolgt, scheinbar stillstehende Culturen hingegen seltener durchsucht. Die angegebenen Grössen sind in Mikromillimeter ausgedrückt. Da die Längen- und Breitenmaasse der Zellen bei derselben Art meist einen mehr oder weniger grossen Spielraum haben, so wurden stets 8 bis 10 bis 15 Messungen vorgenommen und aus diesen der Durchschnitt berechnet.

Was schliesslich die öfter angegebenen Farbentöne betrifft, so ist zu bemerken, dass dieselben mit Hilfe der „internationalen Farbenscala von Radde, in 42 Gammen mit 882 constanten Tönen“ bestimmt wurden. Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf diese Tabelle. Im Folgenden sollen nun die einzelnen Culturreihen näher beschrieben werden.

Oscillaria Frölichii Kg. f. genuina.

Im Juni 1890 fanden sich blaugrüne Polster von Algen in einem Graben („unter dem Uemmelberge“) bei Nörten, dessen kaum oder doch nur sehr langsam fliessendes Wasser kurze Zeit darauf untersucht wurde und laut Analyse nahezu ein halbes Procent (0,432 %) Chlornatrium neben Calcium- und Magnesiumsalzen enthielt. Bei der mikroskopischen Untersuchung der Algenmassen stellte sich heraus, dass sie der Hauptsache nach — neben vielen anderen Species — aus der oben erwähnten Oscillaria bestanden.

Das ganze mitgebrachte Algengemisch wurde darauf, mit Ausnahme eines zur Controlle zurückgehaltenen Restes, Culturversuchen mit Chlornatrium unterworfen, doch soll der besseren Uebersicht halber vorläufig nur von dem Verhalten der Oscillaria die Rede sein, während die übrigen Algen später besprochen werden sollen. Die Oscillaria fand sich in einem schwarzblauen, langstrahligen Lager; die einzelnen Fäden waren von einer dünnen, nach Färbung mit Jod-Jodkali besser hervortretenden Membran umgeben. Die Fadenenden waren meist gerade und nicht verdünnt, und die Endzelle breit abgerundet. Der Durchmesser der Oscillaria betrug 15—16 μ; die Zellen waren an den Scheidewänden, die nur undeutlich sichtbar waren, nicht eingeschnürt und einviertel- bis einhalbmal so lang als dick. Viele Zellen

maassen 5—6 μ in der Länge, andere waren etwas länger, wieder andere etwas kürzer. Ihr Inhalt war von gleichmässig blaugrüner Farbe mit kleinen dunkeln, meist unregelmässig vertheilten Punkten durchsetzt. Abgestorbene Fäden waren nicht in dem Lager vorhanden, wohl aber fanden sich solche, die in kleine, immer an den Enden abgerundete Stücke von unregelmässiger Länge (Hormogonien) zerbrochen waren.[1])

Die Anordnung der Versuche war folgende:

Anfänglich (Juni 1890) waren Culturen mit 0,5, 1, 2, 3, 5 und 10 % Chlornatrium und der entsprechenden Menge Nährlösung angesetzt worden. Von der 3 procentigen leitete sich später durch Umzüchtung eine Cultur mit 4 % Salz, von der 5 procentigen ferner eine 6 procentige und von dieser wiederum eine 8 procentige ab. Die Cultur 10 war der Ausgangspunkt für eine 11 procentige, diese schliesslich bildete den Uebergang zur 13 procentigen. So entstanden folgende Culturreihen:

½,	1,	2,	3,	5,	10,
			4,	6,	11,
				8,	13,
				10.	

In diesem Culturverfahren liegen immerhin einige Fehlerquellen, die aber bald erkannt und für die Folge in Rechnung gezogen wurden. Einmal hatten diejenigen Culturen, welche im langsameren Tempo zu höheren Salzprocenten übergeführt wurden, eine grössere Zeit für die Anpassung zur Verfügung als diejenigen, bei welchen die Umzüchtung rascher erfolgte; ferner waren auch die Anforderungen, welche an die sprungweise in höhere Salzlösungen übergeführten Algen gestellt wurden, andere, als die bei allmählicherem Aufsteigen hervortretenden.

Die 1 procentige Chlornatriumlösung, in welche die Oscillaria gebracht war, schien keinen Einfluss auf die Pflanze ausüben zu können; es wurden wenigstens weder nach kurzer Zeit, noch nach Verlauf mehrerer Monate irgend welche erhebliche Veränderungen an dieser bemerkt. In manchen Fäden war zwar die Membran etwas gequollen oder der Inhalt hatte auch wohl eine etwas hellere Farbe angenommen (F. 14,1), die Dicke der Fäden aber war im Allgemeinen dieselbe geblieben und nur wenige Fäden fanden sich, die einen etwas grösseren Durchmesser angenommen hatten.

---

1) Vgl. Kryptogamenflora von Schlesien von Dr. O. Kirchner.

Diese Resultate konnten insofern wenig überraschen, als ja die Untersuchung des Wassers, in welchem die Alge in der freien Natur angetroffen war, bereits einen $^1/_2$ procentigen Chlornatriumgehalt ergeben hatte und die Steigerung um $^1/_2$ % an Salz für die Oscillaria, die sich vielleicht schon im Laufe mehrerer hundert Jahre an Chlornatrium angepasst hatte, zumal für die kurze Zeit, eine zu geringe war.

Die Wirkung, welche das Salz in 2 procentiger Lösung auf die Oscillaria ausübte, war schon eine bedeutendere. Die Dicke der Fäden betrug hier bis 18 μ; die gallertartige Membranschicht, welche die Fäden einhüllt, zeigte sich mehr oder weniger gequollen und man glaubte zuweilen Schichtung darin zu erkennen. Die Färbung war in den meisten Fäden noch unverändert, bei anderen zeigte sie jedoch einen deutlichen Uebergang ins Gelbliche (F. 13); wieder andere machten durch noch auffälligere Erblassung den Eindruck des Krankseins. Aus einzelnen Scheiden war der gesammte Inhalt verschwunden; die leere Gallertmembran behielt dann noch einige Zeit ihre Form bei (zuweilen barg sie im Innern einige kugelförmige Schmarotzer), bis sie durch Wasseraufnahme sich gänzlich verflüssigte.

Es zeigte sich hiernach, dass ein Theil der Oscillaria sich in 2 procentiger Salzlösung zu erhalten vermochte, wenn auch unter gewissen Veränderungen des ursprünglichen Zustandes; denn die Fäden waren dicker und ihr blaugrüner Inhalt war körniger und dadurch dunkler geworden, so dass man die Zellquerwände jetzt noch undeutlicher als bei der uncultivirten Alge wahrnahm. Ein Theil der Oscillariafäden aber erwies sich als unfähig, die Anpassung an 2 % Kochsalz einzugehen. Das Absterben dieser Fäden war, wie aus zahlreichen Uebergangsformen ersichtlich, in der Weise vor sich gegangen: zuerst hatten die Fäden eine immer hellere Farbe, die ins Gelbliche spielte, angenommen, darauf war der Inhalt mehr und mehr zusammengeschrumpft, so dass er als schmaler, unregelmässiger Streifen im Innern der noch normal geformten Membran lag; schliesslich verschwanden auch die letzten Reste des Inhaltes, und nun verquoll die Membran völlig.

Wesshalb die doch auf gleiche Weise behandelten Fäden der Oscillaria sich nicht gleich verhielten und sich nur theilweise an Salz gewöhnten, blieb eine durch die Versuche nicht ausreichend beantwortete Frage. Da eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Fäden nicht beobachtet worden war, so ist es möglich, dass einigen derselben eine noch unbekannte Eigenthümlichkeit innewohnt, vermöge derer sie im Stande sind, sich an Salz anzupassen; andererseits wäre

es denkbar, dass das Chlornatrium auf bestimmte Individuen einen stärkeren Reiz ausübte, als auf andere, so dass dadurch das ungleiche Verhalten der Fäden herbeigeführt wurde.

Wie auch in anderen Culturen beobachtet wurde, so scheint die verderbliche Wirkung des Salzes darin zu bestehen, dass der Tod der Zellen durch Entziehung irgend eines Stoffes aus dem Inhalt und durch gleichzeitige Quellung der Membran herbeigeführt wird.

Hier muss noch des häufigen Vorkommens von Schmarotzern (Chytridium[?] 5—6 μ im Durchmesser) in vielen leeren Gallerthüllen gedacht werden; denn es wäre ja möglich, dass diese Eindringlinge das Absterben der Fäden verursachten, in denen sie sich aufhalten. Allerdings ist es wahrscheinlicher, dass die Schmarotzer sich nur der kranken, durch Salzlösung schon geschwächten Oscillarien bemächtigen und die lebensfähigen Fäden unbehelligt lassen; denn es wurde beobachtet, dass die Pilze in einen gelblich gewordenen Faden vom Ende her eingedrungen waren, dort ganze Colonien gebildet hatten und sich hin und her bewegten, während anderseits weder das Eindringen von Schmarotzern in intakte Fäden, noch deren Vorkommen in solchen constatirt werden konnte.

Zwischen der Oscillaria 2 und derjenigen, die in 3procentiger Chlornatriumlösung cultivirt war, zeigten sich zu derselben Zeit nur geringe Unterschiede. Die Dicke der Zellen wies keine grösseren Veränderungen auf, auch die Membran war nicht mächtiger, doch liess sie ihre geschichtete Struktur besser erkennen und stellenweise war sie etwas verquollen, so dass die Fäden dadurch unregelmässige Conturen erhielten. Auch betreffs der Farbe der Zellen war keine Differenz wahrzunehmen. Es fiel jedoch auf, dass es hier verhältnissmässig mehr leere Gallertscheiden, von abgestorbenen Oscillarien herrührend, gab, als in der Cultur 2. Letztere Erscheinung ist aber ohne Weiteres begreiflich. Denn da die in Cultur genommenen Oscillariafäden hier direct in 3procentige Chlornatriumlösung gebracht waren, so wurde eine höhere Anforderung betreffs der Anpassung an sie gestellt als an diejenige Oscillaria, welche sich in nur 2procentiger Lösung gefunden hatte.

Durch diese und andere Culturen zeigte es sich, dass die Anpassung von Algen, falls sie überhaupt gelingt, zu den besten Resultaten führt, wenn man die Concentration der Salzlösungen nur ganz allmählich bis zu der Maximalhöhe steigert, und dass, je länger die Alge in der betreffenden Lösung wächst, sie sich um so leichter und höher anpasst.

Neben dieser leicht erklärlichen Erscheinung des vermehrten Absterbens in der Cultur 3 war es noch eine andere, welche zwar in dieser Cultur nur in den Anfangsstadien, in den nächst stärkeren hingegen in vorgeschritteneren Formen auftrat.

Etwa 2 — 3 Wochen, nachdem die Cultur 4 angesetzt war, fanden sich darin neben den nicht seltenen leeren Scheiden der Oscillaria, die sich übrigens (wohl infolge der geringen Steigerung) nicht vermehrt zu haben schienen, missfarbige, etwas ins Gelbliche ziehende Fäden, die meist noch die der Alge vor der Cultur eigene Dicke besassen und nur in seltenen Fällen an Umfang etwas zugenommen hatten; offenbar waren diese Fäden krank. Ausser diesen fanden sich die schon oben in Cultur 2 erwähnten tiefer blau gefärbten Fäden mit deutlich körnigem Inhalt und dadurch schwieriger erkennbaren Querwänden. In diesen letztgenannten Fäden ging nun die durch das Salz bewirkte Veränderung noch einen Schritt weiter, wobei der Vorgang folgender war.

Anfangs veränderten sich zumeist das Ende oder auch wohl beliebige andere Stellen im Verlaufe solcher Fäden dadurch, dass die ursprünglichen Zellwände sehr undeutlich, öfters ganz unsichtbar wurden. Es machte den Eindruck, als ob die betreffenden Wände vom Protoplasma resorbirt würden, und zwar begann das Verschwinden oder Unsichtbarwerden an den äusseren Partien der Querwände und schritt gegen die Mitte hin fort. Darauf sonderten sich in einigem Abstande vom Ende des Fadens her kurze Stücke desselben ab, welche etwa zwei Mal so lang als breit waren, und sich zuweilen noch durch sehr undeutliche Wände als aus mehreren Zellen bestehend erwiesen. Da wo zwei solche neu gebildete Stücke neben einander lagen, war der durch ihre Abrundung entstandene Zwischenraum mit strukturloser Masse von weniger gesättigter Farbe erfüllt, welche offenbar aus abgestorbenen, zwischen den isolirten Stücken gelegenen Zellen hervorgegangen war. Nach dem Fadenende zu verloren diese Stücke an Länge, bis sie oval und (die letzten) schliesslich ganz kreisrund wurden. Je mehr ihre Gestalt sich der Kugelform näherte, ging der Farbenton der Zwischenräume ins Gelbliche. Die zumeist mit etwas körnigem Inhalt versehenen, dunkel gefärbten Kugeln lagen entweder gedrängt neben einander, oder hatten auch grössere Lücken zwischen sich. Die Gallertscheide des ursprünglichen Fadens umgab alles und hatte hie und da geringe Ausbuchtungen nach aussen bekommen, die bald auf einer, bald auf beiden Seiten hervortraten. Weitere Veränderungen wurden in dieser Cultur 4 nicht bemerkt.

Was nun die sofort in 5procentige Chlornatriumlösung gebrachte Oscillariacultur betrifft, so hatte es bei den ersten mikroskopischen Untersuchungen den Anschein, als ob der Sprung von 0,5 % auf 5 % zu gross gewesen wäre, denn die Algen schienen gänzlich absterben zu wollen. Nach einigen Wochen jedoch erholte sich die Oscillaria, indem die anfangs schnell aufgetretene gelbliche Färbung wieder mehr in blaugrün überging, und nun erfolgte auch hier, wie in Cultur 4, die Bildung von Kugeln. Letztere lagen zuweilen dicht reihenartig hinter einander, zeigten aber auch oft die Neigung, sich hauptsächlich da, wo der Faden dick aufgetrieben war, über einander zu lagern. Hierdurch kamen dann sehr unregelmässige Formen zu Stande (vgl. Zeichnung T. I, Fig. 1). Die Fäden, welche sich nur gleichmässig erweitert hatten, ohne durch Aufquellen ihrer Gallertscheiden jene Unregelmässigkeiten angenommen zu haben, maassen jetzt in einigen Fällen schon bis 24 μ. Aus einem Theil derselben konnte man nun durch einen leichten Druck den Inhalt herausbefördern, welcher sich dann verschieden verhielt. Dieses ungleiche Verhalten mag in den verschiedenen Fällen mit der grösseren oder geringeren Vorbereitung zur Kugelbildung zusammenhängen. Wurden nämlich solche Fäden gedrückt, die bereits die (erst nach einiger Uebung erkennbaren) allerersten Anfänge zur Kugelbildung zeigten, so traten aus ihnen einige Kugeln heraus, während aus solchen Oscillarien, die noch nicht zur Kugelbildung reif erschienen, formlose Massen entwichen. Aus diesem verschiedenen Verhalten geht hervor, dass die Kugelbildung hier nicht etwa mit derjenigen, wie sie das Protoplasma einer Cladophora oder Vaucheria nach Druck erfährt, zu vergleichen ist, denn dort wird jede frei gewordene Protoplasmamasse kugelig, hier aber nur die dazu geeigneten oder vielmehr vorbereiteten. In den nun der Stärke nach folgenden Culturen 6 und 8 zeigten sich keine Verschiedenheiten von dem Befunde der Cultur mit 5procentigem Chlornatriumgehalt; in der Cultur 10 war die Oscillaria schon nach kurzer Zeit gänzlich verschwunden, so dass hier also die Grenze der sofortigen Anpassungsfähigkeit aus den natürlichen Verhältnissen bedeutend überschritten war.

Im Verlaufe der ersten Monate nach Feststellung des eben geschilderten Befundes liessen sich noch verschiedene weitere Abweichungen vom normalen Verhalten in den Culturen beobachten; nach drei Monaten aber hörten die Veränderungen überhaupt auf, und nach sechs Monaten, vom Beginne der Versuche an, konnte dann Folgendes constatirt werden.

Die Oscillaria zeigte auch jetzt in der 1procentigen Cultur nur

geringe Veränderungen; die auffällig kräftige, blaugrüne Färbung verrieth, dass die Alge wohl geeignet sei, in dieser Salzlösung weiter zu vegetiren, und dass die Anpassung an 1 % Kochsalz völlig durchgeführt war. Die etwas gequollene Membran zeigte zuweilen eine schwache Schichtung, und betreffs der Dicke der Fäden war aus der Durchmittszahl von vielen Messungen zu constatiren, dass sie etwas zugenommen hatte.

Während man also bei 1 procentiger Chlornatriumlösung ein erfreuliches Gedeihen beobachten konnte, dem eine Anpassung mit nur geringer Gestaltsveränderung zu Grunde lag, waren in der Cultur 2, der sich die mit 3 % Chlornatrium eng anschloss, schon weiter gehende Veränderungen erfolgt. Die Dicke dieser Fäden betrug bis 28 μ, wovon allerdings 2—4 μ auf jeder Seite für die nunmehr deutlich geschichtete Membran zu rechnen sind. Ausserdem gab es noch sowohl dickere wie dünnere Fäden, und auch solche, die ein gelbes, kränkliches Aussehen zeigten. Viele Fäden aber hatten diejenige Farbe unverändert beibehalten, welche der Oscillaria ursprünglich eigen ist.

Als auffallende Erscheinung wurde constatirt, dass die Anfangsstadien der Kugelbildung, wie sie oben beschrieben wurden, bereits hier, und zwar auch in derselben Art und Weise auftraten. Einige wenige Fäden zeigten an beliebiger Stelle einen dunkleren Zellinhalt, der körnig zu sein schien, und mit dessen Auftreten ein gleichzeitiges Verschwinden der Zellquerwände verbunden war. Dann rundeten sich auch hier kugelförmige Partien mit gleichmässig körnigem Inhalt ab, die eine dünne Membran hatten und meist von der ursprünglichen Gallertscheide umgeben blieben. Durch Verquellen der Scheide oder auf andere Weise frei gewordene Kugeln fanden sich nur in sehr geringer Anzahl, so dass es den Anschein hatte, als ob die 2 procentige Lösung erst im Laufe der Zeit, und dann nicht einmal vollkommen, diejenigen Veränderungen hervorzurufen im Stande wäre, welche stärkere Lösungen schneller, wenn auch unter erheblichem Verlust an Material, bewirkten. Die Menge der leeren Membranen hatte sich gegen früher nicht vermehrt, ein Zeichen, dass diejenigen Fäden der Oscillaria, welche den Uebergang in 2 und 3 % Salz einmal ertragen hatten, auch weiterhin in demselben leben konnten. Freilich fanden sich immer noch viele Fäden, die weder die ursprüngliche Farbe, noch die Kugelbildung zeigten, sondern gelblich aussahen und im Uebrigen die gewöhnliche Beschaffenheit der Zellen beibehalten hatten; von diesen letzteren darf man vielleicht annehmen, dass sie die Mitte halten zwischen solchen, die überhaupt nicht fähig sind sich anzupassen und

im Salz absterben, und solchen, welche sich, eventuell unter Erleidung von Veränderungen, an das Salz gewöhnen.

Die gelben Fäden sind aber solche, welche sich lange abquälen, um unter den gebotenen Bedingungen weiter zu leben, die aber doch zu einer Anpassung an Salz nicht gut disponirt sind und dieselbe ohne längeres Kranksein nicht bewerkstelligen können. Endlich aber kräftigen sie sich wieder und gleichen dann den übrigen Fäden; geschieht dies aber nicht, so gehen sie zu Grunde.

Es muss noch hinzugefügt werden, dass sich die einzelnen Theile eines und desselben Oscillariafadens sogar verschieden verhalten können, denn es wurde nicht selten beobachtet, dass im nämlichen Faden körnige, blaugrün gefärbte Partien mit solchen von gelber Farbe wechselten.

Zwischen Cultur 2 und 3 und dem Befund in den stärkeren Salzlösungen traten nach Verlauf von sechs Monaten seit dem Beginn der Versuche nur noch geringe Unterschiede hervor. In einigen Fäden betrug die Dicke bis 35 μ; bezüglich dieser wie der Farbe liessen sich wieder dieselben Kategorien wie oben unterscheiden. Die Kugeln lagen in Cultur 5, 6 und 8 oft, in letztgenannter Cultur fast nur ausserhalb der Fäden, welche sie durch Verquellen der Membran freigegeben hatten. Dabei hatten die Gallertmembranen die seltsamsten Formen angenommen, Vorstadien eines baldigen, gänzlichen Zerfliessens. In der aus Cultur 8 abgeleiteten Cultur 10 fanden sich nur noch wenige Kugeln, die aber meist schon unregelmässige Conturen, Einschnitte etc. zeigten und in der anfangs angesetzten 10procentigen Cultur wurden überhaupt weder Fäden noch Kugeln angetroffen.

Es wurden nun aus Cultur 4, 6 und 8 einzelne Kugeln eingefangen und theils in Culturtropfen von verschiedener Salzconcentration, theils in reinem, nur mit Nährlösung versehenem Wasser zu Einzelculturen verwendet. Indessen gelang es nicht, irgend welche Veränderungen in denselben wahrzunehmen. Die Kugeln blieben längere Zeit hindurch völlig unverändert liegen, bis reichliche Mengen von Bacterien sich einfanden, die den allmählichen Zerfall der Kugeln herbeiführten.

Von derjenigen Oscillaria, welche sich über sechs Monate in einer 6procentigen Lösung befunden hatte, wurde ein Theil wieder in reines Wasser gebracht, welches nur noch Nährlösung enthielt. Hierin trat nun die natürliche blaugrüne Farbe wieder ein und die Verquellung der Membran liess nach. Die Dicke der Zellen blieb aber immer noch eine grössere als diejenige vor Beginn der Culturen.

Es war also durch die Salzeinwirkung eine dickere Form erzielt worden, die wenigstens eine Zeit lang constant blieb.

Welche Bedeutung die beschriebenen Kugeln haben, wurde nicht in völlig befriedigender Weise aufgeklärt, da dieselben in der ihnen gegönnten Zeit keine weiteren Veränderungen zeigten.

Es liegen hier zwei Möglichkeiten vor. Entweder sind die Kugeln Hormogonien, welche bezüglich ihrer Zellengestalt aufs Aeusserste reducirt sind, so dass sie eine Art Sporen darstellen oder eher eine Vorstufe der Sporenbildung bedeuten mögen, oder man darf in der Kugelbildung das Analogon eines Vorganges erblicken, welcher bei Phycomyceten vorkommt. Letztere haben bekanntlich Hyphen, welche nicht septirt sind; im Nothzustand aber treten Scheidewände auf. Hierauf wird ein Theil der Hyphe preisgegeben, gewissermaassen um den anderen zu retten.

Nähme man Aehnliches bei der Oscillaria an, so würde es auch wieder darauf ankommen, die Kugeln (nach einer etwaigen Ruhezeit?) weiter zu verfolgen, um sichere Schlüsse ziehen zu können.

Anabaena flos aquae.

Anabaena flos aquae Kg. (genuina) fand sich in mehreren Aufsammlungen von Algen vor, welche zu Culturversuchen dienten, und zwar sowohl an gewöhnlichen Fundstellen, wie auch auf der Salzwiese. Sie bildete meist einen dünnhäutigen, spangrünen Ueberzug der Wasserfläche und vermehrte sich bei Zimmercultur mit Nährlösung sehr schnell, so dass bald mehrere ansehnliche Häute, die hauptsächlich aus Anabaena bestanden, aber auch noch Oscillarien und Diatomaceen enthielten, losgetrennt und zu weiteren Culturen verwendet werden konnten. Die perlschnurartigen Zellreihen waren meist hin- und hergebogen oder auch in einander verschlungen. Die vegetativen Zellen hatten eine kugelige Gestalt, während die Heterocysten etwas länglich und die Dauerzellen wieder kugelig und gelb gefärbt waren. Die Dicke der vegetativen Zellen betrug 5 — 7 μ, die der Dauerzellen war 8 — 10 μ (vgl. T. I, Fig. 2, 0 %).

Zunächst wurde diese Anabaena, während sie sich im besten Wachsthum befand und viele Heterocysten wie auch nicht selten Dauerzellen ausbildete, in eine 1 procentige Chlornatriumlösung übertragen. Sie zeigte hier auch ferner gutes Gedeihen, sonst aber keine Veränderungen, so dass nach Verlauf eines Monats ein Theil der Alge in 2 procentige Chlornatriumlösung übertragen werden konnte.

In dieser traten zwei Abweichungen zu Tage. Die eine bestand darin, dass sich die Zellen etwas vergrösserten, dabei waren Theilungserscheinungen der vegetativen Zellen sehr häufig, so dass sich ganze Schnüre fanden, in denen jedes Glied eine Querwand gebildet hatte (vgl. Fig. 2, 3 %). Die zweite Veränderung, welche die 2 proc. Salzlösung hervorgerufen hatte, war eine Verquellung der die Zellen zusammenhaltenden äusseren Membranschichten, so dass diese dadurch ziemlich ansehnlich wurden. Beide Erscheinungen traten noch mehr hervor, nachdem abermals nach einem Monat wieder die Salzlösung um 1 % Chlornatrium verstärkt war. In dieser 3procentigen Cultur waren nun zahlreiche Zellen durch Theilung entstanden und deutlich von einander getrennt. Die Tochterzellen hatten aber nicht die ihnen im normalen Zustande zukommende runde Form angenommen, sondern sie waren ziemlich erheblich abgeplattet, so dass es den Eindruck machte, als ob die einzelnen Zellen sich durch ihr enges Aneinanderliegen drückten. Dabei liess sich noch immer deutlich erkennen, welches die aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Tochterzellen waren, denn diese beiden standen sich immer unter einander etwas näher als mit den ihnen benachbarten Zellen. Die Farbe war eine etwas hellere und mehr ins Grünliche spielende geworden (vgl. Fig. 3, 3 %).

Die aus dieser 3procentigen Cultur abgeleitete Cultur mit 4 % Chlornatriumgehalt wich von jener nur dadurch ab, dass die Gallertmembran, welche die Schnüre zusammenhält, noch mehr verquollen war und an einigen Stellen zu zerfliessen anfing. Dadurch traten manche Zellen seitlich unregelmässig hervor oder schoben sich aus dem Verbande, wodurch dem ehemals perlschnurartigen Faden ein unordentliches Aussehen verliehen wurde.

Bei 6 % Chlornatriumgehalt starben die Zellen, indem der Inhalt immer dünner und heller wurde, nach etwa drei Monaten ab und die Membran zerfloss theils rascher, theils umgab sie noch lange die gänzlich farblosen Zellen. Während die 6procentige Cultur nach drei Monaten als abgestorben betrachtet werden musste, lag der Zeitpunkt des Absterbens in Cultur 5 bei 4 und in der 4procentigen Cultur bei $5^1/_2$ — 6 Monaten. Die 3procentige Cultur hingegen, wie die schwächeren, befanden sich, nachdem sie 11 Monate lang das Salz ertragen hatten, im Zustande des besten Wachsthums, so dass die betreffenden Culturgläser mit einem kräftigen, blaugrünen Rasen zugewachsen waren. Die Veränderungen, welche sich bei der in salzhaltigem Wasser cultivirten Alge zeigten, erstreckten sich nur auf die abgeplattete Form der Zellen, die noch immer mit der grössten Deutlichkeit hervortrat (vgl. Fig 2, 1 %).

Um sich von der Abplattung einen deutlichen Begriff machen zu können, seien folgende Zahlen angegeben; die Zellfäden der Anabaena in 3procentiger Chlornatriumlösung hatten noch dieselbe Dicke, wie sie die Alge in der Natur aufweist: 5—7 μ. Indessen war die Breite der einzelnen Zellen eine bedeutend geringere geworden. Diese konnte am besten festgestellt werden, wenn ein Stückchen des Zellfadens gemessen und die darin befindlichen Zellen gezählt wurden. In derartigen Zellstücken von 38 μ Länge wurden fast immer 12 Zellen gezählt, wonach sich die Breite der einzelnen Zelle auf ca. 3 μ berechnet. Die Dimensionen der Zellen verhielten sich also wie 3 zu 7. Dieses Verhältniss wurde bei der in 1 und 2 % cultivirten Anabaena etwa wie 5 zu 7.

Stellt man die Zeit, während welcher diese Alge in verschiedenen Salzlösungen zu leben vermag, zusammen, so ergibt sich folgende Tabelle:

Procente	Monate						
1							länger als ein Jahr.
2							
3							
4					$5^1/_2$		
5				4			
6			3				

Zygnema stellinum genuinum.

Die zu den nachstehend beschriebenen Versuchen benutzte Zygnema fand sich (im Juli 1890) neben verschiedenen anderen Algen, auf die erst später eingegangen werden soll, in einem Teiche bei Osterode am Harz.

Sie bildete lose, verworrene, grüne Rasen. Ihre Zellen waren ein bis drei Mal so lang als breit, und zwar meist die Endzellen die kürzeren. Die Breite der vegetativen Zellen betrug 35 μ; im Innern derselben befanden sich neben dem centralen Zellkern zwei axile, vielstrahlige, einen Amylumkern enthaltende Chlorophyllkörper; andere Zellen enthielten zwei breite, durch eine dünne Brücke verbundene, axile Chromatrophoren,

Diese Zygnema wurde Culturversuchen in der Weise unterworfen, dass sie anfangs in eine 0,5procentige Chlornatriumlösung gebracht wurde. Es zeigten sich darin durchaus keine Veränderungen, so dass nach einem Vierteljahr ein Theil der angepassten Alge in stärkere Lösung überführt werden konnte. Von der 0,5procentigen Lösung wurde zuerst eine Cultur mit 1 und eine andere mit 2% Kochsalz abgeleitet. Nach etwa $1^1/_2$ Monaten konnte eine Zunahme der Dicke der Fäden constatirt werden, so dass dieselbe bis 40 μ erreichte. Ausserdem fiel noch auf, dass die Zellen mit vielstrahligem Chlorophyll bedeutend seltener geworden waren, indem der Chlorophyllkörper sich zu zwei dunklen Kernen, die eine dichtkörnige Beschaffenheit angenommen hatten, und durch eine schmale Brücke verbunden waren, umgewandelt hatte. Zwischen den beiden Chromatophoren lagen meist zwei bis drei Vacuolen; dabei war die Membran häufig verdickt und vielschichtig; das Plasma lag ihr dicht an. Von der 2procentigen Cultur wurde nun wieder eine 3- und eine 4procentige Cultur abgeleitet. Nach $1^1/_2$ Monaten waren hierin einige weitere Veränderungen wahrzunehmen. Diese erstreckten sich einmal auf die Farbe, die von den äussersten Partien des Chlorophylls nach der Mitte, resp. nach dem Kern zu, ins Gelbliche überging, oft sogar ganz weiss wurde, so dass man den Amylumkern nur noch mit Chlorophyll bedeckt fand. Der übrige Theil der Zelle war körnig und an allen vier Ecken fanden sich von dem Zellinhalt kleine Theile abgetrennt, die entweder bald verschwanden oder noch einige Zeit hindurch ihren Platz in der Ecke behaupteten. Nach Verschwinden der abgetrennten Ecken des länglichen Zellinhaltes erhielt derselbe ein eigenthümliches Aussehen (vgl. T. I, Fig. 4b). Das Schrumpfen des Zellinhaltes schritt zuweilen noch weiter vor, so dass letzterer dadurch schliesslich den Eindruck machte, als ob er zerfressen wäre.

Die Dicke der Fäden war in der Cultur 4 im Durchschnitt auf 45 μ gestiegen. Da viele Zellen noch eine unveränderte Form und Farbe zeigten, wurde aus der letztgenannten Cultur eine 5procentige, und aus dieser wiederum eine mit 6% Chlornatriumgehalt hergestellt. In letzterer fanden sich nach abermals $1^1/_2$ Monaten nicht viele unveränderte Zellen mehr vor, sondern die meisten hatten ihren Inhalt gänzlich verloren. Dabei hatten manche Zellfäden eine Dicke von 45 bis 50 μ gewonnen. Als nach dieser Zeit ein Theil der Cultur wieder in Wasser ohne Salzlösung gebracht wurde, zeigte er bald eine Rückkehr zu der normalen Dicke und lebhafte Theilung der Zellen; auch nahmen die Chlorophyllkörper wieder ihre sternförmige

Gestalt an. Die Rückkehr der Zellen zur normalen Dicke geschah sehr schnell und ohne viele Zwischenstadien in folgender Weise: eine verdickte Zelle fing von dem grünen Kern an weiter zu ergrünen, bis wieder das Chlorophyll den Zellinhalt nahezu ausfüllte. Hierauf entstand in der Mitte eine Wandung und es erfolgte Zellstreckung. Die neu gebildete Wand war aber wieder von dem normalen Durchmesser, so dass die ehemalige Zelle, aus welcher durch Auftreten der Theilungswand zwei Tochterzellen geworden waren, eine bisquitähnliche Gestalt annehmen musste. Theilten sich dann die beiden neu gebildeten Zellen wiederholt, so entstanden alsbald Zellen von der ursprünglichen Dicke.

Da in den Culturen mit einem Salzgehalt von 3 % an keine weiteren Veränderungen in dem folgenden Zeitabschnitt zu bemerken waren, und da es auch schien, als wenn die Culturen mit 3 und 4 % Chlornatrium allmählich immer mehr abstürben, so soll jetzt eine Beschreibung der Culturen, nachdem seit Ansetzen der 6procentigen abermals vier Monate verstrichen waren, folgen.

Nach Ablauf dieser Zeit waren die Culturen mit 6, 5, 4 und 3 % Chlornatriumgehalt gänzlich abgestorben, indem auch der letzte Rest Chlorophyll aus den Zellen verschwunden war.

In der 2procentigen Cultur hingegen war noch lebhaftes Gedeihen zu constatiren. Die Fäden hatten eine Dicke von 47 bis 48 μ (als Durchschnitt von 15 Messungen) angenommen. Die Zellen zeigten keine Plasmolyse, wohl aber ziemlich stark verquollene Membran. Es fanden sich Theilungsstadien in den verschiedensten Uebergängen, so dass es ausser Zweifel war, dass die Alge in 2procentiger Chlornatriumlösung weiter zu leben vermochte. Während sich früher beim Durchsuchen dieser Cultur noch ziemlich häufig solche Zellen gefunden hatten, bei denen das Chlorophyll bis auf einen kleinen, centrisch gelegenen Theil verloren gegangen war, so schien dieser Zustand jetzt abzunehmen, und es trat wieder ein Ergrünen der Zellen, und zwar von der Mitte aus, ein (vgl. T. I, Fig. 4).

Die neu gebildeten Querwände zeigten denjenigen Durchmesser, welchen die angepasste Alge angenommen hatte, so dass die entstehenden Tochterzellen die gleiche Dicke wie ihre Mutterzellen erhielten.

Trotzdem der weitaus grösste Theil der Zygnema also in 2procentiger Salzlösung zu leben vermochte und sich an dieselbe unter Aenderung der Gestalt angepasst hatte, so muss doch erwähnt werden, dass sich im Verlaufe des einzelnen Fadens oft einzelne, gänzlich ab-

gestorbene Zellen wie auch längere Reihen solcher fanden. Letztere Erscheinung trat in der 1procentigen Salzlösung weniger hervor.

Hier betrug auch die Dicke der Zellen nur 41 — 42 μ im Durchschnitt, und die Membran schien etwas weniger verquollen. Während der Chlorophyllkörper in der 2procentigen Cultur niemals sternförmig gefunden worden war, so erschien er hier schon öfter in dieser Form und in 0,5procentiger Cultur fast immer so. Die Dicke betrug in letzterer Cultur 38 — 40 μ und das häufige Vorhandensein von Theilungsstadien, wie die kaum verdickte Membran, bekundeten, dass die Zygnema in gutem Wachsthum begriffen sei.

Fasst man das Bemerkenswertheste in dieser Cultur kurz zusammen, so ergibt sich Folgendes: Zygnema vermag sich an Kochsalz anzupassen bis zu 2 %. Dabei tritt im Verhältniss zur Stärke der Lösung eine Verdickung der Zellfäden ein, die um $^1/_3$ mehr betragen kann als bei der ursprünglichen Form. Mit Zunahme der Concentration verquellen die Zellmembranen, während die Sternform der Chlorophyllkörper mehr und mehr verschwindet und erst nach vollständig durchgeführter Anpassung wieder erscheint.

Auch stärkere Salzlösungen werden eine Zeit lang ertragen, jedoch um so weniger lang, je höher die Salzprocente gesteigert werden. Demnach ergibt sich folgende Tabelle:

Procente	Monate	
0,5		länger als ein Jahr.
1		
2		
3	$6^1/_2$	
4	5	
5	$3^1/_2$	
6	2	

Während die nach Anpassung an Chlornatrium gebildeten neuen Zellen die Dicke haben, wie sie der Zygnema in der betreffenden Anpassungsform eigen ist, kehrt, nachdem die Algen wieder in salzfreies Wasser gebracht wurden, ohne Uebergänge die ursprüngliche Dicke wieder,

Die neuen Zellen entstehen schnell, die alten verquollenen Membranen werden abgestossen und da, wo zwei verdickte Zellen neben einander liegen, tritt oft Zerbrechen des Fadens ein.

Mougeotia laevis (Archer).

Die aus dem schon mehrfach erwähnten Salzwiesengraben bei Nörten stammende Mougeotia vermehrte sich rasch bei Cultur im Zimmer in reinem Wasser mit Nährsalzen, so dass sie alsbald eine Reincultur ergab.

Sie bildete lose, verworrene Rasen, deren Fäden aus cylindrischen Zellen ohne Wandsculptur bestehen und ein Chromatophor enthalten, welches eine axile Platte darstellt. Die einzelnen Stärkekörner, welche in diesem Farbstoffträger liegen, sind von ovaler oder unregelmässiger Gestalt und erreichen eine Grösse bis zu 2 μ. Ein Zellkern oder andere, geformte Gebilde waren in den Zellen wegen übergrosser Fülle an Stärke nicht zu unterscheiden; selbst durch Färbung mit 1 procentiger Chromsäurelösung und Boraxcarmin war es nicht möglich, den Zellkern sichtbar zu machen. Die vegetativen Zellen sind 17 bis 20 μ breit und zwei bis drei Mal so lang. Ihre Farbe entspricht 12q der Scala.

Ein Theil der Mougeotia wurde aus der Wassercultur in $^1/_2$ procentige Chlornatriumlösung übertragen und von Zeit zu Zeit mikroskopisch untersucht. Anfangs zeigten die Zellen gar keine Veränderung und erst nach Verlauf mehrerer Monate konnte constatirt werden, dass die Fäden sich ein wenig verdickt hatten. Die Alge war also in der Natur in etwa 0,5 procentiger Kochsalzauflösung gefunden und hatte sich später, ohne Störung zu erleiden, im Zimmer in salzfreiem Wasser vermehrt. Darauf war sie wiederum in 0,5 procentige Salzlösung gebracht und zeigte darin keine Veränderungen. Hieraus ging hervor, dass das Vorhandensein oder Fehlen von 0,5 % Salz auf die Mougeotia ohne wesentlichen Einfluss ist, denn die zuletzt eingetretene Verdickung war in der That sehr unbedeutend und fiel erst auf, nachdem viele Messungen gemacht waren und die Durchschnittszahl, welche eine Dicke von 22 μ ergab, daraus berechnet wurde. Das Dickerwerden der Fäden mochte vielleicht auch mit der Wirkung der guten Nährlösung neben der Anwesenheit von Kochsalz zusammenhängen.

Ein Theil der in der 0,5 procentiger Chlornatriumlösung cultivirten Mougeotia wurde nach Verlauf eines halben Jahres in 1 procentige Lösung gebracht und zeigte hierin bald darauf schon erheblichere Ver-

änderungen. Die Durchschnittszahl von 15 Messungen ergab, dass die Fäden eine Dicke von 24 μ erreicht hatten, wobei zu bemerken war, dass die Dicke an den Enden der Zellen oftmals grösser als gegen die Mitte zu gefunden wurde. Viele Zellen von der Farbe 11q befanden sich in Theilungsstadien, andere indessen machten einen kränklichen Eindruck, da sie gelb geworden waren. In manchen Fäden gab es zwischen den noch lebenden viele abgestorbene, inhaltslose Zellen. Wieder andere Fäden bestanden aus Zellen, die eine unregelmässige Anschwellung entweder nur auf einer Seite oder auch auf allen bekommen hatten. Der Zellinhalt war homogener geworden als er in 0,5 procentiger Kochsalzlösung gewesen war, d. h. es fehlten die Stärkekörner, was auch durch das Nichtauftreten der Jodreaction bestätigt wurde. Von der in 1 procentiger Salzlösung gedeihenden Mougeotia wurde hierauf ein Theil in 2 procentige Lösung übertragen; da sie in ihren unten zu beschreibenden Veränderungen mit derjenigen Cultur der Mougeotia übereinstimmte, welche sofort von ihrem natürlichen Standorte in 2 procentige Chlornatriumlösung übertragen worden war, so gilt das Folgende von beiderlei Culturen gemeinsam.

Kurz nachdem die 2 procentige Cultur angesetzt war, entwickelte die Mougeotia reichliche Mengen von Sauerstoff und es schien, als ob sie eine noch kräftiger grüne Farbe angenommen hätte. Dabei zeigten die Zellen oft unregelmässige Ausstülpungen und Kniebildungen, welche dadurch entstanden waren, dass sie sich bauchig verdickten oder sackartige Anschwellungen bildeten (vgl. T. I, Fig. 5). Der Chlorophyllkörper füllte entweder das Innere gänzlich oder nur einen Theil derselben aus. Hierdurch entstanden die wunderlichsten Verzerrungen der Alge, wie sie bis dahin niemals beobachtet wurden (vgl. T. I, Fig. 7). In ihrem frühesten Zustande schienen diese Ausstülpungen die Vorboten der Copulationsvorgänge darzustellen; aber auch nur in der allerersten Zeit konnte man an Zygosporenbildung denken, denn aus den anfangs kleinen Fortsätzen entwickelten sich bald die genannten sonderbaren Auswüchse. Das Chlorophyll sämmtlicher Zellen war wieder homogen und die letzteren mit Stärke vollgestopft, so dass nach Jodfärbung starke Bläuung eintrat. (Es muss noch hinzugefügt werden, dass sich in einigen Fäden grosse Mengen von Schmarotzern fanden; diese stellten runde, farblose Wesen dar, die sich fortzubewegen im Stande waren. Sie scheinen das Chlorophyll zu verzehren, oder machen es sonst verschwinden, denn diejenigen Zellen, die noch grün gefärbt waren, enthielten gar keine oder doch nur wenige der Thiere, während diejenigen Zellen, deren Farbstoff verschwunden war, oft mit den Schmarotzern angefüllt da-

lagen. Man sah deutlich, dass die Zellenwände meist durchlöchert waren, und es ist daher anzunehmen, dass die Thiere von unten her in die Fäden eindringen und sich dann durch die Wände hindurchbohrend, von Zelle zu Zelle fortbewegen.)

Die oben beschriebenen Unregelmässigkeiten der Zellen hatten nach Verlauf eines Monats noch zugenommen, so dass die meisten Zellen jetzt mit einem grösseren oder kleineren Auswuchs versehen waren oder doch eine eigenthümliche Verbiegung erfahren hatten. Die Farbe des Chlorophylls war dabei noch eine gesättigtere geworden, so dass sie früher mit Farbe 11 r und jetzt mit Farbe 11 k bis l übereinstimmte.

Wiederum nach Verlauf eines Monats waren die Ausstülpungen und Zellverbiegungen im Abnehmen begriffen. Diejenigen Zellen, die am ärgsten verunstaltet gewesen waren, starben unter Verschwinden des Chlorophylls ab, während die weniger veränderten nach mehrfacher Theilung in ihren Abkömmlingen zu der ursprünglichen Gestalt zurückkehrten und nur eine Durchschnittsdicke von 24 bis 26 μ behielten.

Von dieser in 2 procentiger Chlornatriumlösung befindlichen Mougeotia waren, so lange die Verbiegungen und Verunstaltungen noch im Zunehmen begriffen waren, zwei fernere Culturen abgeleitet worden; in der einen waren die Zellen aus 2 procentiger Chlornatriumlösung wieder in reines Wasser, dem nur Nährsalze zugefügt wurden, zurückversetzt, während die andere Cultur Mougeotia enthielt, die aus 2 procentiger Salzlösung in 3procentige und darauf in 4 procentige übertragen wurde. Von diesen beiden Culturen soll nun berichtet werden.

Die aus 2 procentiger Chlornatriumlösung in Wasser weiter cultivirten Mougeotien zeigten im Vergleich zu den Exemplaren, die in der Salzlösung verblieben waren, noch viel stärkere, oft ganz wunderbar geformte Verkrümmungen (vgl. T. I, Fig. 6). Makroskopisch betrachtet machte die Alge den krausen Eindruck, wie man ihn von verbranntem Haar kennt. Fast jede Zelle zeigte irgend eine Unregelmässigkeit; manche waren um das Doppelte der ursprünglichen Dicke angeschwollen und enthielten den ebenfalls riesig vergrösserten Chlorophyllkörper, der oft nebst seiner deutlich hervortretenden Hautschicht ein ganz zerknittertes Aussehen erhalten hatte. Auch Zellen, die nach einer oder sogar nach mehreren Richtungen mehr oder weniger spitze Fortsätze entsandten, waren nicht selten; die Länge der letzteren war auch wieder eine sehr ungleiche.

Nach Verlauf eines Monats hatten sämmtliche oben aufgeführten Veränderungen noch mehr zugenommen, und dann begann nach aber-

mals längerer Zeit ein rasches Absterben der Alge. Die am ärgsten verkrüppelten Zellen verloren zuerst ihren Inhalt, dann erstreckte sich das Zugrundegehen auch auf alle übrigen Zellen, bis in kurzer Zeit die ganze Cultur abgestorben war, so dass sogar Zergehen der Zellmembran erfolgte.

Es erübrigt nun noch auf das Verhalten einzugehen, welches die aus 2 procentiger Kochsalzlösung in 3- und dann in 4 procentige übertragene Mougeotia zeigt. (Ein Unterschied zwischen der Cultur 3 und 4 war nicht wahrzunehmen.)

Nachdem die Mougeotia etwa 14 Tage in 4 procentiger Salzlösung gewesen war, bekam sie plötzlich eine stark gelbliche Farbe und es schien, als ob sie absterben würde; dabei verschwanden in den folgenden Wochen die Verkrümmungen und Auswüchse zur grössten Mehrzahl dadurch, dass wieder eine Streckung erfolgte und die Aussackungen wieder ausgeglichen wurden. Es war augenscheinlich, dass die Alge sich sehr abquälte, um sich noch an die 4 procentige Salzlösung anzupassen und dass die dabei auftretende Gelbfärbung der Zellen das Zeichen einer dabei entstehenden Krankheit war, die ja auch bei einer derartig gewaltsamen Anpassung, wie sie in der kurzen Zeit verlangt wurde, nicht ausbleiben konnte.

Nach etwa 8 Wochen aber wurde die Farbe des Chlorophylls wieder grüner und gleichzeitig mit dieser Veränderung trat eine rapide Zelltheilung auf. Es wurden 2 — 4 Zellkerne sichtbar, welche durch Theilung entstanden waren, und die Zellquerwände bildeten sich viel schneller als die Streckung erfolgen konnte. Es trat also durch die Salzwirkung eine Verlangsamung des Wachsthums bei beschleunigter Theilung auf, und die Folge davon war, dass viele kurze Zellen gebildet wurden. Die äusseren Membranschichten waren in ihrem gequollenen Zustande nicht fähig, den durch Neubildung von Zellen veranlassten Streckungen zu folgen und wurden deshalb zersprengt. Die neu gebildeten Mougeotiazellen waren von einer dünnen, äusseren Membran umgeben, die sich erst ganz allmählich wieder verdickte. Die abgerissenen oder zum kleinsten Theil anhaftenden Fetzen der alten Membran zeigten an, in wie viele Theile sich die ehemalige Zelle in der kurzen Zeit seit der Anpassung getheilt hatte. Die Dicke der Zellen betrug 28 μ, wovon allerdings je 2 μ auf jede Membran kamen.

Bei dem langsamen Anpassungsvermögen der Mougeotia war es nicht möglich bis jetzt die oberste Salzgrenze, an welche sich diese Alge anzupassen im Stande ist, zu ermitteln, und soll diese Lücke durch spätere Untersuchungen ausgefüllt werden. Bei dem guten Fort-

kommen in 4procentiger Salzlösung liegt die Vermuthung nahe, dass auch noch höhere Concentrationen vertragen werden, vorausgesetzt, dass man ganz allmählich höhere Salzprocente anwendet und den neuen Anpassungen immer genügende Zeit lässt, sich erst wieder zu kräftigen und zu vermehren; denn dadurch, dass so viele Zellen, die sich allzusehr verkrümmen, absterben und so für die spätere Cultur verloren gehen, schmilzt das Material sehr zusammen. Anderseits wird aber das Wachsthum, je stärker die Concentration wird, um so langsamer, denn bei einem in Einzelcultur befindlichen Faden, der an 4 % Salz angepasst war, wuchs eine Zelle desselben, trotzdem sich zwei neue Zellquerwände innerhalb acht Tagen gebildet hatten, um kaum 5 μ, während der Zelltheilung unter normalen Umständen eine Streckung oft um die Hälfte der ursprünglichen Zelle vorausgeht.

Um nun noch einmal kurz die Ergebnisse dieser interessanten Cultur zusammenzufassen, sei Folgendes wiederholt:

Mougeotia ist im Stande, sich an Chlornatriumlösung mindestens bis zu einer Stärke von 4 % anzupassen. Dabei tritt eine Verdickung der Fäden um ungefähr $^1/_3$ auf. Die Anwesenheit von 1 % Salz und mehr bewirkt unregelmässige Anschwellungen und Vorsprünge, welche als Krankheitserscheinungen aufzufassen sind, denn die Bildungen verschwinden nach einigen Monaten wieder und die normale Gestaltung kehrt zurück. Bringt man die Mougeotia, die schon einige Zeit im Salz gewesen und stellenweise angeschwollen ist, wieder in salzfreies Wasser, so vermehren sich die Unregelmässigkeiten so enorm, bis die Alge schliesslich zu Grunde geht. Wird aber die Salzlösung, in welcher die angeschwollene Mougeotia sich befindet, von 1 oder 2 % auf 4 % verstärkt, so vermag die Alge sich daran unter Verdickung anzupassen. Die Membran verquillt bei der Salzfütterung und wird, da sie sich nun nicht mehr zu dehnen vermag, abgesprengt und durch eine neue ersetzt.

Es ist aus dem geschilderten Verhalten der Mougeotia zu entnehmen, dass geringe Kochsalzmengen innere Veränderungen hervorrufen, die sich bei einer gewissen Concentration der Lösung auch in äusserlich hervortretenden abnormalen Gestaltsveränderungen documentiren. Diese Tendenz ist dann aber schon so mächtig geworden, dass ein Zurückversetzen in reines Wasser, also eine gewaltsame und plötzliche Aenderung der Vegetationsbedingungen, derselben nicht mehr Einhalt zu thun vermag und wegen nunmehr unzureichender Salzmengen zum Tode führt. Anderseits erfolgt bei weiterer Steigerung des Salzquantums in der Cultur allmählich eine Anpassung der Alge

an diese Kochsalzlösungen, der nur noch in der ungewöhnlichen Schnelligkeit der Zelltheilung etwas Abnormales anhaftet.

Chlorella vulgaris (Beyerinck).

In einer Flasche, welche 1 procentige Kochsalzlösung nebst für Algen dienende Nährstoffe enthielt, und die einige Zeit vor einem nach Norden gelegenen Fenster gestanden hatte, wurde (Ende Februar 1891) ein dünner, grüner Ueberzug des Glases bemerkt. Bei der Untersuchung zeigten sich kleine, runde oder doch rundliche Zellen von ziemlich verschiedener Grösse (5 — 9 μ). Die gefundenen Zellen zeigten eine grosse Uebereinstimmung in ihrer Erscheinung bei wechselnder Grösse, vorzüglich mit Bezug auf die Anordnung des Chromatophors. Dieses füllte nämlich selten die ganze Zelle aus, sondern lag meist nur einer grösseren Stelle der Wand an. Letztere wurde zuweilen zur Hälfte, öfter aber auch nur zum dritten Theil von dem Chlorophyllkörper bedeckt. Die Membran war aussen von einer dünnen Gallertschicht umgeben. Die Zellen enthielten ein oder mehrere Oeltröpfchen, im Uebrigen zeigte das Plasma eine sehr homogene Struktur. Wenn Theilung erfolgen sollte, so fand die erste sichtbare Veränderung im Chromatophor statt, alsdann zerfloss die Membran, und es entstanden meist vier oder auch mehr Tochterzellen. Eine Vermehrung durch Zoosporen wurde niemals bemerkt. Da die Alge ebenso mit der Beschreibung wie mit den Abbildungen von Chlorella vulgaris übereinstimmt, welche M. W. Beyerinck in No. 45 der botan. Zeitung von 1890 entwirft, so betrachte ich sie als mit dieser identisch und werde sie im Folgenden mit dem genannten Namen bezeichnen. Die Chlorella, welche sich in der 1 procentigen Salzlösung augenscheinlich sehr gut entwickelt hatte, wurde sogleich theilweise in 4 procentige Lösung übertragen. Nach 1½ Monaten konnte eine erhebliche Vergrösserung der Zellen constatirt werden. Zwar variirte die Grösse derselben nicht mehr so sehr wie anfangs, aber die Zellen erreichten einen Durchmesser bis zu 12 μ, wenngleich auch noch manche Zellen unter diesem Maasse zurückblieben.

Bezüglich des Inhaltes war eine Veränderung nicht zu constatiren, auch erfolgte die Tochterzellenbildung noch gerade so, wie in der 1 procentigen Cultur. Die Farbe der Zellen war etwas mehr gelb geworden, so dass daraus schon zu entnehmen war, es werde die Anpassung sich nicht an viel höhere Salzprocente erzwingen lassen. Und

in der That starben, als das Salzquantum bis auf 6 % gesteigert war, die Zellen schnell ab.

Eine aus der 1procentigen hergestellte Cultur ohne Chlornatrium ergab kaum eine Veränderung im Vergleich zu den oben beschriebenen Zellen; selbst ein Unterschied mit Bezug auf die Grösse liess sich nicht feststellen. Die Culturen mit 1 und die mit 4 % Salz wurden während eines halben Jahres weiter beobachtet. Es zeigten sich dabei nur wenige Veränderungen, abgesehen davon, dass der Grössenunterschied der Zellen immer mehr verschwand, indem die Chlorella in der 1procentigen Cultur langsam weiter wuchs, während in der 4procentigen ein Stillstand eingetreten zu sein schien. Hierdurch wurden die Culturen einander immer ähnlicher.

Dieser auffallende Umstand mag dadurch zu erklären sein, dass der Sprung von 1 auf 4 % ein etwas gewaltsamer, der auf die Zellen ausgeübte Reiz ein sehr intensiver gewesen war. Die Chlorella wurde durch die plötzliche Steigerung des Salzgehaltes zu rascherer Vergrösserung der Zellen angeregt, die alsbald zu der möglichen Maximalgrösse führte. Anderseits mussten die in der 1procentigen Lösung verbleibenden Zellen diese Maximalgrösse ebenfalls, wenn auch langsamer, erreichen, so dass sie erst nach längerer Zeit dieselbe zu erlangen vermochten.

Tetraspora explanata.

Unter vielen anderen Algen, die sich in einem unweit Göttingens gelegenen kleinen Teiche fanden, war auch die Tetraspora vertreten. Daneben enthielten die auf dem Wasser schwimmenden Polster noch viele andere Arten. Diese Algen wurden möglichst gleichmässig in der oben mitgetheilten Weise gemischt und dann jedesmal etwa 2 g davon in ein Culturgläschen gebracht. Je vier der Culturen, welche mit diesen Algen hergestellt wurden, enthielten 1, 2, 3 und 4 % Chlornatrium.

Nach Verlauf von 20 Tagen war Cultur 4 bereits gänzlich abgestorben. In den übrigen, schwächeren Culturen vermehrte sich aber die Tetraspora in so rapider Weise, dass sie kurze Zeit darauf (hauptsächlich in der 3procentigen Cultur) den Boden bedeckte und demnach leicht aus diesem Gefäss in andere übertragen werden konnte. Diese Alge besteht bekanntlich aus kugeligen Zellen, welche von dicken, zusammenfliessenden sehr wässerigen Gallertmembranen umgeben werden. Die Zellen liegen meist zu zwei und vier genähert;

sie theilen sich abwechselnd in zwei Richtungen und bilden daher eine einfache Schicht; ihr Inhalt besteht aus körnigem Protoplasma, einem oft deutlichen Kern und zuweilen einigen Oeltröpfchen. Die Vermehrung geschieht durch vegetative Zelltheilung und durch Zoosporenbildung, die isogame Fortpflanzung durch Schwärmer, welche mit zwei Cilien versehen sind. Die Dicke einer Zelle beträgt in freier Natur 4 μ (vgl. T. I, Fig. 9).

Schon bei Anwesenheit von 1 % Chlornatrium neben der üblichen Nährlösung betrug die Grösse der sonst unveränderten Zellen 5—6 μ (Fig. 9, 1 %). Bei der Cultur 2 waren die Zellen abermals etwas vergrössert und massen ca. 6 μ. Bezüglich des Inhaltes wie der Membran war jedoch auch hier noch keine Veränderung zu merken, nur schien es, als ob die zu den einzelnen Tetraden gehörigen Zellen sich im Allgemeinen etwas von einander entfernt hätten. Ausserdem traten aber auch in der Gallertmasse, welche aus den verschmolzenen, äusseren Membranschichten der Zellen bestand, Veränderungen ein (Fig. 9, 2 %): schon in Cultur 2 und noch mehr in Cultur 3 bemerkte man eine compactere Gallertschicht in unmittelbarer Nähe der einzelnen Zellen, welche sich bei der im Freien wachsenden Pflanze nicht hatte erkennen lassen. Diese Schicht war ohnedies ziemlich gut sichtbar, ward aber noch deutlicher nach Färbung mit Jod. Wie es in der Cultur 2 schon den Anschein hatte, dass die einzelnen Zellen der Tetraden sich von einander entfernten, so wurde dies noch deutlicher in Cultur 3; dort fanden sich gar nicht selten einzelne Zellen, ohne eine bestimmte Orientirung zu anderen, jede von ihrer Membran umgeben (Fig. 9, 3 %).

Aus der Cultur 3 wurde Cultur 4, und aus dieser nach einiger Zeit Cultur 5 abgeleitet. In Cultur 4 waren die Zellen wiederum dicker geworden und sie erreichten eine Durchschnittsdicke von 6 bis 8 μ (Fig. 9, 4 %). Auch in der Cultur mit 5- und einer weiterhin daraus abgeleiteten Cultur mit 6 procentiger Chlornatriumlösung nahm die Dicke der Zellen continuirlich zu und betrug 8—10 (selten bis 12) μ. Damit schien aber auch vorläufig in Bezug auf die Vergrösserung ein Stillstand eingetreten zu sein. In der Cultur 5 traten ausserdem Formen der Theilung auf, die von der natürlichen abwichen. Tetraspora theilt sich nämlich, wie gesagt, ohne Kochsalzzusatz in zwei Richtungen der Fläche und es entstehen dabei immer an Durchmesser wenig von einander abweichende Tochterzellen; anders ist es hier. Die meist vergrösserten Mutterzellen bilden zwei ungleiche Tochterzellen, von denen die kleinere anfangs noch mit der Schwesterzelle durch die Gallertmembran zusammenhängt, später jedoch sich von derselben abtrennt. Zuweilen sieht es sogar so aus, als ob die Mutterzelle nur

ein Segment abtheilt, welches sich bald abrundet und nach seiner Loslösung selbständig weiter vegetirt und an Dicke zunimmt (Fig. 9, 5 %).

Infolge dieser Vorgänge waren in der Cultur grössere und kleinere Zellen vorhanden; dazu traten noch vereinzelte Zellen, welche sich durch die Dicke ihrer Membran wie durch dunkeln Inhalt auszeichneten und vielleicht als Akineten aufzufassen waren. In der Cultur 6 war, wie schon oben bemerkt, ungefähr das Maximum der Dicke, zu welcher die Zellen gebracht werden können, erreicht. Hier trat die Theilung relativ sehr schnell ein, denn man sah bei vielen Exemplaren, dass noch, während die Zellen nach der ersten Theilung durch Gallerte verbunden waren, schon eine neue Zellwand und zwar in einer Richtung, welche auf der zuerst genommenen senkrecht stand, aufgetreten war. Es war also ein langsames Wachsthum und eine rasch erfolgende Theilung ersichtlich (vgl. T. II, Fig. 10).

Auf eine andere Erscheinung, die schon in Cultur 6, mehr aber noch in den daraus abgeleiteten Culturen 8 und 11 auftrat, muss hier hingewiesen werden. Diese bestand in einer besonderen Verquellungsform der Gallerte. Letztere war öfter nicht am ganzen Umfange der Zelle eine gleichmässige, sondern zuweilen fanden sich nur stellenweise dicke Wülste von Gallerte, die so mächtig werden konnten, dass sie den halben Durchmesser der Zelle erreichten.

Die Culturen mit 8 % Salz zeigten ein neues Bild, welches sich aber aus der in 5 und 6 % eingetretenen Theilungsveränderung ergab. Sowie die Zellen nämlich diejenige Dicke angenommen hatten, welche für die betreffende Salzconcentration erreichbar war, trat Theilung auf, und es entstanden vier Tochterzellen, die wieder Anordnung zu Tetraden zeigten. Die einzelnen Zellen hatten ungefähr diejenige Grösse, welche bei 3 und 4 % Chlornatrium gewöhnlich war (vgl. T. II, Fig. 11a).

Ein von diesem wenig abweichendes Verhalten zeigten die Algen auch in 11 procentiger Salzlösung, in der aber die grössten Zellen einen Durchmesser bis zu 15 μ erreicht hatten. Neben den dicken Einzelzellen fanden sich wieder Tetraden und andere Anordnungen. Die Tetradenzellen erreichten hier diejenige Dicke, welche sie früher in etwa 5proc. Chlornatriumlösung gezeigt hatten. An manchen derselben hingen noch lange, unregelmässig geformte Membranstückchen, die bei der schnellen Theilung der Zellen abgesprengt sein mussten (vgl. T. II, Fig. 11b).

Durch das fortwährende Theilen der ursprünglichen Cultur zur Herstellung der stärkeren Concentrationen, wobei ja doch auch immer zum Vergleich ein Theil der Tetraspora in jeder der oben erwähnten Lösungen weitercultivirt werden musste, war das verfügbare Material

zuletzt so sehr vermindert worden, dass, bevor neue Culturen mit noch stärkeren Salzlösungen hergestellt werden konnten, eine Pause eintreten musste, während welcher die Alge sich wieder genügend vermehren könnte. Auch während dieses Zeitraumes wurde die Cultur 11 häufig untersucht, so dass jede Veränderung erkannt werden musste.

Nachdem anfangs das Aussehen der Alge sich nicht verändert hatte, machte sich nach etwa $1^1/_2$ Monaten eine körnige Struktur des Zellinhaltes — derselbe zeigte starke Stärkereaction — bemerklich. Nun wurde die Cultur wieder getheilt: während der eine Theil in 11 procentiger Lösung verblieb, wurde eine andere Partie in 13 procentige übertragen und der Rest ohne Kochsalz cultivirt.

Wiederum nach einiger Zeit begann im Innern der Zelle ein Theilungsprocess, welcher sich durch eine Zerklüftung des Inhaltes bemerkbar machte. Die Zahl der Theilstücke war eine ungleiche. Oefter befanden sich vier Tochterzellen in einer Membran in tetraedrischer Anordnung, jedoch kam es auch vor, dass die Theilung noch weiter vorgeschritten war und die gebildeten Tochterzellen weitere Theilungsstadien aufwiesen. Diese Vorgänge leiteten die sexuelle Fortpflanzung ein, und in der That wurden nach zwei Tagen in der Cultur Schwärmer bemerkt. Das Auftreten letzterer, wie das Aussehen der Culturen 11 und 13 war ganz das nämliche. Die Schwärmer waren etwa 3 μ breit und 5 μ lang und besassen zwei Cilien. Ueber die Bewegungsgeschwindigkeit der Schwärmer, welche im Gegensatz zu derjenigen, welche man sonst bei den Algen zu sehen gewohnt ist, eine sehr verlangsamte war, soll weiter unten ausführlicher die Rede sein. Es wurde oft beobachtet, wie die jungen Schwärmer aus der Membran hervortraten und diese als eine gestaltlose Gallertmasse zurückliessen. Die Gameten bewegten sich hierauf eine Zeit lang hin und her, um sich schliesslich mit einander zu copuliren. Die Vorgänge dabei wichen durchaus nicht von denen ab, die Tetraspora zeigt, welche in gewöhnlichem Wasser wächst (vgl. T. II, Fig. 12).

Wie erwähnt, war aus der Cultur 11, in welcher der Zellinhalt (durch vermehrte Stärkebildung) eine körnige Beschaffenheit angenommen hatte, eine solche in kochsalzfreiem Wasser abgeleitet worden. Hier dauerte es weit kürzere Zeit als in der Salzcultur, bis die Schwärmer zur Entwickelung kamen. Die Zeitdifferenz war derartig, dass die Schwärmer in dem salzfreien Wasser etwa 20 — 24 Tage eher ausschwärmten als die in der Salzlösung cultivirten. Dabei war es höchst auffällig, wie ungemein schnell die Grösse der Zellen von dem erlangten Maximum wieder zu der ursprünglichen Grösse zurück-

kehrte, ja sogar theilweise zunächst noch unter derselben zurückblieb. Zwischen den neu gebildeten, sich rapide vermehrenden Zellen lagen in Menge die abgestorbenen Reste derjenigen Membranen, welche durch Salz so mächtig angeschwollen waren. Die Schwärmer bewegten sich schnell durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes und hatten eine der nunmehrigen Kleinheit der Zellen entsprechende Grösse.

Die Tetradenform, welche bei den Culturen in Salzlösung mehr oder minder verloren gegangen war, so dass die von einander getrennten Zellen unregelmässig neben einander lagen, kehrte, wenn die Algen aus der Chlornatriumlösung in Wasser zurückgebracht wurden, nicht sofort wieder. Es liess sich zwar noch immer bei einigen Gruppen erkennen, dass sie aus gemeinschaftlicher Mutterzelle herstammten, da sie zu zwei und vier genähert waren, aber im Vergleich zu den von vornherein ohne Salz cultivirten Algen war diese Gruppirung doch ziemlich selten (vgl. T. II, Fig. 13).

Die Schwärmerbildung in der Cultur 13 dauerte sehr lange Zeit hindurch und setzte sich auch dann fort, als die Cultur noch um 2 % verstärkt wurde. Selbst nachdem ein Theil der Algen aus der Cultur 15 in 20procentige und von da in 25procentige Salzlösung übertragen wurde, fanden sich noch immer (allerdings neben zahlreichen abgestorbenen) viele lebhaft grün gefärbte Zellen und auch Zoosporen in lebendem Zustande.

Die bis zu 20 % auftretenden Veränderungen der Grösse und des Zellinhalts waren sehr geringfügig; Tetraden fanden sich nur spärlich, und der Inhalt sämmtlicher Zellen war noch immer durch darin enthaltene Stärke körnig. Die Gallertschichten aber, welche die Colonien umgaben, waren schwächer geworden und machten den Eindruck, als ob sie durch zu reichliche Wasseraufnahme im Zerfliessen begriffen seien. Die Farbe der Zelle war 10m.

In der Cultur 25 trat hierauf am frühesten Absterben ein; zuerst verschwanden die Schwärmer und nach einem Monat starb die Cultur rasch ab, ohne Zweifel eine Folge des zu raschen Sprunges in der Concentration der Salzlösung. Nach $1^1/_2$ Monaten waren nur noch vereinzelte Zellen am Leben, so dass die Cultur aufgegeben werden musste.

Schon etwas günstiger lagen die Verhältnisse in der Cultur 20, in welcher das Absterben einige Wochen später und weniger intensiv eintrat.

Um nun festzustellen, wo die Grenze der Kochsalzconcentration für die Tetraspora überhaupt liegt, wurden aus der Cultur 15 die

fehlenden Glieder bis 20% allmählich angesetzt. Da auch Cultur 17 und 18 noch häufig absterbende Zellen zeigten und erst bei 16% Chlornatrium wieder allgemein eine lebhafter grüne Farbe auftrat und keine abgestorbenen Zellen mehr gefunden wurden, so darf als wahrscheinlich angenommen werden, dass die Tetraspora in 16% noch zu vegetiren vermag. Es erscheint sogar die Annahme gerechtfertigt, dass diese Alge, falls man ihr eine genügende Zeit zur Anpassung gewährte, auch noch in stärkeren Salzlösungen gedeihen könnte. Zu diesem Zwecke wäre es aber nothwendig, die Tetraspora vielleicht in einer 16procentigen Salzlösung während eines längeren Zeitraumes (ein bis mehrere Jahre) zu cultiviren, so das sie sich vollkommen dieser Salzmenge und den Bedingungen, wie sie bei einer Cultur im Zimmer geboten werden, anpassen könnte; darauf erst dürften höhere Salzconcentrationen ebenfalls vertragen werden.

Ein Rückblick auf die beschriebenen Culturen von Tetraspora zeigt im Wesentlichen folgendes Ergebniss: Das Salzquantum darf anfangs nur allmählich vermehrt werden; erst später, wenn sich die Alge an geringere Mengen von Chlornatrium gewöhnt hat, verträgt sie auch einen Sprung über mehrere Procente.

Es tritt Vergrösserung der Zellen ein, soweit überhaupt die Anpassung in relativ kurzer Zeit geschehen kann.

In den geringeren Salzconcentrationen treten die Grössenunterschiede mehr hervor, in den stärkeren Lösungen weniger.

Um jede einzelne Zelle bildet sich eine besondere Gallerthülle, welche durch Verquellen der äusseren Membran entsteht.

Die Tetradenform verschwindet theilweise bei Zunahme der Salzprocente und erscheint bei Abnahme derselben nicht sofort wieder.

Die Theilungsweise der Zellen ändert sich bei mittlerer und höherer Concentration, so dass die gebildeten Tochterzellen sehr verschieden an Grösse sind.

Die Bewegung der Zoosporen ist eine langsamere als in kochsalzfreiem Wasser.

Auch das Wachsthum ist langsamer, die Theilung tritt hingegen schneller ein.

Werden grosse Zellen, die an Salzlösungen angepasst waren, wieder in gewöhnlichem Wasser cultivirt, so entstehen schnell wieder kleinere (anfangs nicht häufig), tetraedrisch geordnete Zellen.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass das, was im Obigen über eine Reihe von Culturen gesagt wurde, auch bei einer anderen Culturreihe derselben Alge in völlig gleicher Weise sich wiederholte. Diese zweite

Serie wurde aus Material hergestellt, welches dem oben erwähnten Graben mit 0,5 % kochsalzhaltigem Wasser entnommen war. Im Zusammenhange damit, also mit der hier schon bestehenden Anpassung an eine gewisse (wenn auch geringe) Salzmenge, vertrug diese Cultur bedeutend raschere Sprünge zu höheren Salzprocenten und hielt es u. a. aus, dass sie direct aus der Natur in 10 procentige Kochsalzlösung gebracht wurde; hier kränkelte sie zwar anfangs längere Zeit, erholte sich dann aber und zeigte nun kein abweichendes Verhalten oder auch nur schlechteres Gedeihen den entsprechenden Culturen der ersten Versuchsreihe gegenüber.

Bewegungsschnelligkeit der Tetrasporaschwärmer in conc. Salzlösungen.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde bereits erwähnt, dass die Schwärmer von Tetraspora explanata sich bei Anwesenheit von mehreren Procenten Chlornatrium in der Culturflüssigkeit weit langsamer fortbewegen als in reinem Wasser. Im Folgenden soll hierüber Näheres mitgetheilt werden.

Das Material, welches zu diesen Versuchen diente, hatte sich in dem schon mehrfach erwähnten 0,5 % Salz enthaltenden Graben gefunden. Die Tetraspora war nach ziemlich schneller Steigerung (5 %, 10 %) endlich in 11 procentigem Chlornatrium cultivirt worden und bildete in dieser Flüssigkeit (zu Anfang December 1890) zahlreiche Gameten.

Bei Beobachtung derselben fiel es auf, dass sie sich nur äusserst langsam fortbewegten, meist sogar in zitternder Bewegung annähernd auf demselben Platze verharrten. Als dann einmal zu einem auf dem Objectträger befindlichen Präparat von Tetrasporaschwärmern in 11procentiger Salzlösung, um das Austrocknen der Flüssigkeit während einer mehrstündigen Unterbrechung der Beobachtung zu verhüten, einige Tropfen destillirtes Wasser zugegeben waren, wurde nach dieser Zeit bemerkt, dass die Schwärmer sich jetzt in lebhafter Bewegung befanden. Da nun bezüglich der Ursache dieses Verhaltens verschiedene Möglichkeiten vorlagen (Temperatur, Lichteinfluss, Wasserzusatz), so wurden einige Versuche in diesen Richtungen angestellt.

Mehrere Culturgläser, welche Tetraspora in 11 procentiger Chlornatriumlösung enthielten und die bis dahin vor einem Südfenster bei einer Temperatur von 8° R. gestanden hatten, wurden vor einem Nordfenster desselben Raumes an dem Mikroskopirplatz bei einer Tem-

peratur von 15° R. aufgestellt. Die in den Gläsern enthaltenen Schwärmer zeigten nach 1½, auch nach drei Stunden immer noch dieselbe langsame Bewegung, welche zuerst beobachtet worden war. Hierauf wurden den verschiedenen Culturgläsern eine gewisse Menge der Algen entnommen und diese nach oberflächlichem Abtrocknen zwischen reinem Filtrirpapier in reines Wasser gebracht, dass nur die nöthige Menge Salzlösung (wie sie ja die Culturflüssigkeiten stets enthielten) zugesetzt war. [illegible] ebenfalls nach 1½ Stunden keine Veränderung in Bezug auf die Bewegungsgeschwindigkeit der Schwärmer zu bemerken, aber nach weiteren 1½ Stunden wurden die Schwärmer ganz in lebhafter Bewegung angetroffen. Mit Hilfe eines Metronoms, welches die Secunden angab, wurde festgestellt, dass die Zoosporen, mit nur geringen Ausnahmen, alle die gleiche Schnelligkeit besassen. Sie durchschwärmten ein [illegible] Gesichtsfeld bei einer Vergrösserung von 200/1 in [illegible] bis 15 Secunden. Dabei muss noch bemerkt werden, dass, [illegible] die Schnelligkeit der Bewegung für das Gesichtsfeld berechnet werden musste. Einige wenige Zoosporen gebrauchten zum Durchkreuzen des Gesichtsfeldes 12 Secunden, [illegible] 14 [illegible] Secunden. Ein Theil der Schwärmer bewegte sich nur [illegible] vom Platze, [illegible] in einer Umdrehung um die eigene Achse. Die Schnelligkeit der Drehung um sich selbst [illegible] Tempo [illegible] dass in 20–40 Secunden 50 Umdrehungen gemacht wurden.

Was die Gestalt der Schwärmer anbetrifft, so entsprachen auch diese nicht [illegible], die in 1 procentiger Salzlösung gebildet waren. Die beiden Cilien wurden nur nach Behandlung mit Jod-Jodkali sichtbar. [illegible]

Im Gegensatz zu dem oben angegebenen Tempo der Bewegung von Schwärmern im destillirten Wasser, konnte von einer Ortsveränderung derselben in 11 procentiger Lösung noch immer nichts bemerkt werden. Die Beobachtung dieser Schwärmer fand ungefähr zu der nämlichen Zeit statt; die äusseren Bedingungen waren ganz dieselben, sowohl die Temperatur wie die Lichtintensität der gleiche und konnte also hier nur die starke Concentration der Salzlösung die Veranlassung zu diesem Verhalten sein.

Während einer längeren Beobachtung gelang es mir in ganz vereinzelten Fällen, Schwärmer in wirklich fortschreitender Bewegung

zu sehen. Dann aber erfolgte dieselbe 9 — 10 Mal langsamer als bei denjenigen Schwärmern, deren Bewegungsschnelligkeit oben angegeben ist; dabei fiel auf, dass sie sich bald auf diese, bald auf jene Seite zu legen, also hin und her zu schwanken schienen, und dass sie sich ausserdem noch in stark zitternder Bewegung befanden. Letztere war auch den Schwärmern eigen, die auf ihrem Platze haften blieben; sie machten dadurch den Eindruck, als ob sie am Objectträger oder Deckgläschen festgeklebt seien und sich bemühten, durch Hin- und Herbiegen frei zu werden.

Das verschiedene Verhalten der Schwärmer in Salzlösung und in fast salzfreiem Wasser lässt sich wohl auf folgende Weise aus den physikalischen Eigenschaften der Culturflüssigkeiten verstehen.

Es ist bekannt, dass das Wasser des todten Meeres dem Rudern und Schwimmen grösseren Widerstand entgegensetzt, als anderes Meerwasser; dieses beruht auf dem enormen Salzgehalt (25 — 30 %) desselben. Wie also jemand, der sich dort, sei es schwimmend, sei es im Boot rudernd, fortbewegen wollte, eine grosse Kraftanstrengung anwenden müsste und dennoch nur relativ langsam von der Stelle käme, so könnte es sich auch hier mit den Schwärmern von Tetraspora verhalten. Sie sind zwar im Besitze von Cilien zur Fortbewegung, und diese functioniren auch richtig und sind nicht etwa thatlos, denn davon zeugt die zitternde Unruhe einiger und die langsame Bewegung einiger anderer Schwärmer, trotz des starken Salzgehaltes der Lösungen. Aber der Widerstand der Salzlösung ist für die Alge zu gross, als dass er jedesmal von den Schwärmern in normaler Weise überwunden werden könnte. Es ist demnach eher wahrscheinlich, dass die langsame Fortbewegung der Schwärmer lediglich eine passive ist, welche auf der Anwesenheit von Strömungen in der Flüssigkeit beruht. Die Wirkung, welche hier durch die Salzlösung hervorgerufen wird, könnte auch in anderen etwas dicklichen Flüssigkeiten entstehen; auch hier würde wahrscheinlich dieselbe Erscheinung eintreten, dass die Cilien sich vergebens bemühen, den Körper der Zoospore von der Stelle zu schaffen.

Nimmt man die hohe Concentration der Salzlösung als Grund für die Langsamkeit der Bewegung der Schwärmer an, so liegt die Erklärung dafür, wesshalb sich dieselben mit gewöhnlicher Schnelligkeit im salzarmen Wasser zu bewegen vermögen, auf der Hand. Hier ist der Widerstand, den die Flüssigkeit bietet, nur gering, so dass die Grenzen des Normalen kaum überschritten sind und die gewöhnliche Intensität der Bewegung eintritt.

Eine andere Erklärung, die vielleicht noch mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, würde etwas tiefer liegen; sie basirt auf der im vorhergehenden Abschnitt erwähnten, auffälligen Erscheinung, dass, infolge der Salzeinwirkung, langsameres Wachsthum eintritt. Es wurde ferner oben darauf hingewiesen, dass sowohl die vegetative Vermehrung verlangsamt wird, wie auch, dass die sexuelle Fortpflanzung in denjenigen Culturen, die kein Salz enthalten, erheblich früher eingetreten sei, als in solchen, denen Salz zugesetzt war. Tritt aber bei allen diesen Vorgängen eine so auffällige Verlangsamung ein, so liegt es nicht fern, auch für alle übrigen Functionen eine Verlangsamung anzunehmen, darunter für die Intensität der Fortbewegung der Schwärmzellen.

Was dann andererseits wieder das Eintreten der ursprünglichen Schnelligkeit der Schwärmer nach Entfernung des Salzes betrifft, so darf auf Folgendes hingewiesen werden. Da die Zellen der Tetraspora sich beim Aufenthalt in Salzlösungen vergrössern, so ist wohl anzunehmen, dass die Lösung durch ihre Membran hindurch diffundirt. Auch in den Schwärmern wird etwas Salz enthalten sein, welches nach Uebertragung der Algen in salzfreies Wasser, wieder in die umgebende Flüssigkeit austritt, so dass die Schwärmer sich nun unter annähernd normalen Verhältnissen befinden und damit auch wieder die normale Geschwindigkeit annehmen.

Tropfenculturen mit Tetraspora.

Früher schon ist darauf hingewiesen worden, dass das Wachsthum und die Theilung der Zellen von Tetraspora bei Cultur in concentrirten Kochsalzlösungen so sehr verlangsamt wird, dass man nur schwierig die genannten Vorgänge zu verfolgen vermag. Es hat aber unzweifelhaft Interesse zu erfahren, in welcher Weise die Vermehrungsschnelligkeit durch Salzlösungen beeinflusst wird. Letzteres konnte nur an Einzelculturen festgestellt werden, in welchen die Zellen leichter zu controliren sind, als in massenhaften Anhäufungen, wo die Zellen sich gegenseitig verdecken und verschieben. Diese Einzelculturen wurden in hängenden Tropfen angestellt und zwar zunächst in folgender Weise. Es wurden Glasringe von 1 cm Durchmesser und 3 mm Höhe auf je einen Objectträger vermittelst Canadabalsam aufgekittet und der so gebildete Hohlraum mit einem Deckgläschen bedeckt, an dessen Unterseite sich ein kleiner Tropfen von Culturflüssigkeit mit der Alge befand. Zu diesem Versuche diente eine an 8 % Chlornatrium ange-

passte Tetraspora. Aber eine Reihe von Tropfenculturen ging schon nach 2 — 3 Wochen zu Grunde, ohne sich vermehrt zu haben, ein Ergebniss, welches wohl auf der Mangelhaftigkeit des Gasaustausches in der abgeschlossenen Culturkammer beruht. Da also auf diese Weise das gewünschte Resultat nicht erzielt worden war, wurden hierauf andere Objectträger benutzt, die auf ihrer Oberseite mattgeschliffen waren und je drei mässig tiefe Höhlungen besassen. Diese Objectträger wurden in flachen bedeckten Glasschalen, auf einem niedrigen Glasgestell liegend, aufbewahrt; der Boden dieser Glasschachteln war stets mit mehreren Lagen feuchten Filtrirpapieres bedeckt.

Um nun auf bequeme Weise zu Einzelculturen der Tetraspora zu gelangen, verfuhr ich auf folgende Weise.

Eine geringe Menge der Alge wurde mit der betreffenden Salzlösung, in der sie cultivirt werden sollte, in einem Reagenzröhrchen so lange kräftig geschüttelt, bis die Zellen sich möglichst von einander getrennt hatten. Hierauf wurde mit einer sehr feinen gläsernen Capillarpipette, die mit einer Marke versehen war, ein kleiner Tropfen aus dieser Algenvertheilung entnommen und unter dem Mikroskop durchsucht. Fanden sich in derartigen Proben mehrere oder viele Zellen, so war es nöthig, die Flüssigkeit im Reagircylinder noch mehr zu verdünnen, bis die gewünschte, geringe Anzahl von Zellen in der bis zur Marke gefüllten Pipette vorhanden war.

In der so vorhandenen Flüssigkeit waren nun die Tetrasporazellen ziemlich gleichmässig suspendirt. Es wurden dann von derselben kleine, gleiche Mengen in je eine Höhlung des Objectträgers gebracht und auf diese Weise 18 Culturen angesetzt. Die Alge war, wie gesagt, aus 8procentiger Chlornatriumlösung entnommen, an welche sie sich schon etwa vier Wochen angepasst hatte. Die 8procentige Cultur war aus einer allmählich bis sechs und darauf bis acht gesteigerten hervorgegangen.

Um nun die Vermehrung resp. Veränderungen der einzelnen Culturen genau verfolgen zu können und doch beim Durchmustern derselben nicht zu viel Zeit zu verlieren, wurde jede Cultur mit Hilfe des Prismas gezeichnet, so dass in denjenigen Fällen, wo mehr als eine Zelle sich im Tropfen befand, auch die gegenseitige Lage der Zellen angegeben wurde. Hierbei sowie beim späteren Durchsuchen der Culturen war Eile geboten, denn einmal waren die Tropfen, um das Wiederfinden der Zellen zu erleichtern, sehr klein genommen, und dann war die Gefahr des Eintrocknens und der damit verbundenen grösseren Concentration der Salzlösung ziemlich gross.

Unter den 18 angesetzten Tropfenculturen befanden sich vier, in denen nur eine Zelle vorhanden war; sieben mit zwei Zellen; eine mit drei Zellen; vier mit vier Zellen; eine mit sieben und schliesslich eine mit neun Zellen. Aber nur sieben Culturen von diesen blieben am Leben, während die anderen entweder durch reichliche Mengen von Spaltpilzen unterdrückt wurden oder sonst aus unbekannten Gründen nicht wuchsen und schliesslich abstarben.

Die Untersuchung der sieben Culturen, welche stets unter den nöthigen Vorsichtsmaassregeln ausgeführt wurde, ergab folgende Resultate, welche der besseren Uebersicht wegen, in einer Tabelle zusammengestellt sind:

Zahl der Tage	Anzahl der Zellen in Cultur						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	1	1	2	2	3	4	9
20	4	6	6	8	8	12	18
73	22	40	38	50	60	90	über 150

Es ist ersichtlich, dafs die Vermehrung der Zellen in der ersten Zeit sehr ungleichmässig vor sich ging. Einige Culturen hatten ihre Zellenzahl in den 20 Tagen nur verdoppelt, andere verdrei- oder vervierfacht, eine sogar versechsfacht. Es darf angenommen werden, dass die aus der grossen Menge isolirten Tetrasporazellen sich erst wieder an die neuen Vegetationsbedingungen, wie sie ihnen bei der Cultur in kleinen Tröpfchen geboten wurde, gewöhnen musste, denn es liegt unter anderen eine nicht geringe Verschiedenheit der Massencultur gegenüber darin, dass in den kleinen Tröpfchen mehr Luft mit der Flüssigkeit in Berührung kommt und infolge dessen eine grössere Kohlensäure- und Sauerstoffmenge den Algen zugeführt wird, und dieser Veränderung der Lebensbedingungen mögen die einzelnen Zellen in verschieden langer Zeit sich fügen.

Nachdem aber einige Zeit, hier 20 Tage, verstrichen waren, trat eine grössere Gleichmässigkeit in Betreff der Vermehrung in der Weise ein, dass sich die Zahl der Zellen in dem nachfolgenden Zeitabschnitt von 53 Tagen meist um das $5^1/_2$- bis $7^1/_2$fache vergrösserte.

Dabei ist noch etwas anderes bemerkenswert. Während nämlich in denjenigen Culturen, wo nur eine Zelle im Tropfen sich befand, die Vermehrung eine $5^1/_2$fache, dort, wo zwei Zellen ausgesät waren,

die Zunahme eine ca. $6^1/_2$fache, bei der Aussaat von drei und vier Zellen in den Tropfen die Vermehrung eine $7^1/_2$fache war, betrug der Zuwachs in der mit neun Zellen beschickten Cultur das 8 — 9fache.

Es scheint darnach wirklich, als ob die in der Einleitung dieser Arbeit ausgesprochene Vermuthung, dass die Algen in Gesellschaft besser wachsen, wie in einzelnen Exemplaren, sich bewahrheitete. Es war nun weiter von grossem Interesse zu sehen, wie die Vermehrungsschnelligkeit in Culturen, die mehr als 8% Salz enthalten, sich verhält.

Demzufolge wurden eine grössere Anzahl Tetrasporaculturen mit 11% Chlornatriumgehalt auf gleiche Weise, wie die oben beschriebenen, angesetzt. Aber nur in zwei Culturen, deren eine zwei, die andere vier Zellen enthalten hatte, konnte nach Verlauf von $1^1/_4$ Monaten eine Verdoppelung der Zellen constatirt werden. Weiteres Wachsthum erfolgte dann nicht und die Culturen gingen nach Ueberhandnahme der Bacterien zu Grunde. Es geht aber wohl daraus hervor, dass, je stärker die Lösung wird, das Wachsthum der Tetraspora sich um so mehr verlangsamt.

Zur Controle wurden auch Einzelculturen der Tetraspora in salzfreiem Wasser angesetzt. Es wurde hierzu die Alge verwendet, welche bereits mehrere Monate in 11procentiger Chlornatriumlösung gewesen war. Nachdem ein Theil der 11procentigen Cultur durch Filtration und nachheriges Auswaschen mit destillirtem Wasser von der anhängenden Salzlösung thunlichst befreit worden war, wurden nach der oben angegebenen Methode 12 Culturen dieser Tetraspora in Wasser mit verschiedener Anzahl Zellen angefertigt.

Von diesen 12 Culturen gingen nur drei verloren, die übrigen vermehrten sich derartig rasch, dass es nur in den ersten acht Tagen noch möglich war, die Zahl der Zellen annähernd festzustellen, während späterhin sich die Zellen zu sehr anhäuften. In einigen Culturen ergab sich die Wachsthumsgeschwindigkeit, wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich:

Zahl der Tage	Anzahl der Zellen in Cultur					
	I	II	III	IV	V	VI
1	1	2	4	6	7	7
4	28	50	ca. 100	50	120	150
8	180—200	ca. 90—100[1])	ca. 200	über 400	über 400	170—200

1) aber viele in Theilung begriffen.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Vermehrung zwar in ungleich schnellerer Weise erfolgt, wie bei den Culturen in Salzlösung, aber sie findet auch sehr unregelmässig statt, so dass sich durchaus keine Uebereinstimmung in den erhaltenen Zahlen zeigt.

Der Grund dafür, dass in einigen Culturen, die sich anfangs schnell vermehrt hatten, alsbald nahezu Wachsthumsstillstand eintrat, mag darin liegen, dass hier nach einiger Zeit die Spaltpilze überhand nahmen und dann zuweilen die Algen entweder ganz zu Grunde richteten oder doch sehr beeinträchtigten.

Stichococcus.

Wie oben (Seite 30) ausgeführt, wurde ein Theil des Algengemenges, welches aus dem Teiche auf dem „Kleinen Hagen" bei Göttingen stammte, in 4procentige Chlornatriumlösung gebracht; doch starb diese Cultur alsbald anscheinend völlig ab, so dass schon nach 20 Tagen keine lebendige Zelle mehr in der Flüssigkeit bemerkt wurde. Auch später, während ca. acht Monaten, konnten bei öfter vorgenommener mikroskopischer Untersuchung keine lebenden Algen aufgefunden werden. Dann aber erschienen (im Februar 1891) plötzlich an der Oberfläche der Flüssigkeit, und zwar an der dem Licht zugekehrten Seite des Glases, grüne, in lebhafter Vegetation befindliche Algen. Dieselben fanden sich indessen nicht in allen mit derselben Salzlösung versehenen Gläsern, deren vier vorhanden waren, sondern nur in zwei derselben, und zwar hatten sie in beiden Fällen die dem Licht zugekehrte Oberfläche der Cultur zum Aufenthaltsorte gewählt. Die Zellen waren etwa 3 — 4 μ dick und 15 — 20 μ lang, mondförmig gekrümmt, an den Enden stumpf oder zu mehreren fadenförmig zusammenhängend. Am häufigsten fanden sich vier Zellen in quadratischer Anordnung. Sie waren mit dünner Membran versehen, hatten einen lebhaft grünen Inhalt (Farbe 11r), der zuweilen körnig erschien. An den Enden der Zellen war meist ein hellerer Oelfleck (Reaction auf Osmiumsäure) oder auch deren mehrere kleine vorhanden (vgl. T. I, F. 8, 4%). Wo sich zwei Zellen in Theilung befanden, trat die neue Wand in senkrechter Richtung zur Längsachse auf. Der Beschreibung nach, welche sich in der Kryptogamenflora, bearbeitet von Kirchner, fand, war die Alge Rhaphidium convolutum minutum Rabh. Andere Algen fanden sich in der Cultur nicht lebend vor, so dass also eine Reincultur vorlag.

Zunächst entstand nun die Frage, ob die Alge die ihr im Augenblick zukommende Grösse und Gestalt immer besitzt oder nicht. Durch

ihre Eigenschaft, an der dem Lichteinfall zugewendeten Seite der Cultur sich anzuhäufen, erleichterte sie die Arbeit in hohem Grade.

(Es darf kaum hervorgehoben werden, dass bei allen folgenden Untersuchungen die Zellen und ihre Verbände mittelst des Prismas bei 750facher Vergrösserung sorfältig gezeichnet wurden.)

Eine Durchsuchung der 2- und 3procentigen Culturen zeigte, dass die Alge hier ebenfalls vorhanden war und auch die dem Fenster zugekehrte Seite einnahm, ja in der Cultur 3 sogar in gleicher Weise, wie in der 4procentigen Lösung, eine Reincultur bildete. Hier aber fiel ein nicht unerheblicher Grössenunterschied auf (vgl. F. 8, 3%).

Die Zellen aus der Cultur 2 hatten nur wenig über die Hälfte der Länge der in Cultur 4 befindlichen. Ausserdem trat in der 3procentigen Lösung noch ein anderer Unterschied hervor. Während die meist zu vier zusammenhängenden Zellen früher, wie erwähnt, sich oft ringförmig gelagert und dadurch geschlossene Kreise gebildet hatten, so waren diese Kreise jetzt in vielen Fällen unvollständig also geöffnet und gestreckt, so dass auch Halbkreise nicht selten waren.

In dem Rhaphidium aus Cultur 2 waren die Krümmungen noch geringer und es fiel auch auf, dass die Zellen viel weniger oft wie früher im Zusammenhange standen, vielmehr einzeln oder zu zweien bis verschieden vielen neben einander lagen. Mit dem Verschwinden der kreisförmigen Lagerung bei geringerem Salzgehalt war in gleichem Schritt eine Verringerung der Krümmung der Zellen selbst eingetreten, so dass diese bei 2% Salz zuweilen nur noch unmerklich gebogen erschienen (vgl. F. 8, 2%).

Noch mehr verschwand die für Rhaphidium convolutum charakteristische Form in der Lösung von 1% Chlornatrium, bis bei 0% nur vollkommen gerade Zellen von noch geringerer Grösse (1—2 μ dick, 2—4 Mal so lang) vorkamen. Derartige Zellen waren schon beim Ansetzen der Culturen im Juni 1890 gezeichnet und in Dauerpräparaten als Stichococcus aufgehoben worden. Bei näherer Untersuchung fanden sich jetzt auch (allerdings nicht geschichtete) Schleimhüllen; geschichtete Gallerthüllen aber unterscheiden die Gattung Dactylothece von Stichococcus,[1]) so dass hier eine Zwischenstufe beider Gattungen vorlag (vgl. F. 8, 1% u. 0%a).

---

1) Wille in „Engler und Prantl" gibt folgende Beschreibung: „Dactylothece Lagerh. Die Zellen sind cylindrisch oder länglich, haben abgerundete Ecken, sind gerade oder schwach gebogen und liegen einzeln bis zu vier in einer Reihe, die oft von einer geschichteten Schleimhülle umgeben ist. Sie enthalten ein einseitig wandständiges Chromatophor, welches ein Pyrenoid und eine Vacuole enthält. Die Thei-

Um nun die weitere Frage zu entscheiden, wie sich der in 4 procentiger Kochsalzlösung in veränderter Gestalt als Reincultur gefundene Stichococcus verhalten würde, wenn er aus der 4 procentigen Lösung direct wieder in reines Wasser geriethe, wurde ein Theil der Cultur in Wasser, dem nur Nährlösung zugefügt war, übertragen. Schon nach Verlauf von wenigen Tagen lösten sich die bis dahin so oft zu Reihen verbundenen Zellen von einander und veränderten auch ihre Gestalt. Nach Verlauf eines Monats fanden sich nur noch gerade, niemals mehr gebogene Zellen. Während sie früher in der 4 procentigen Cultur etwa fünf Mal so lang als dick gewesen waren, gab es jetzt nur solche, die noch ein Mal so lang oder wenig länger als breit waren. Vom Ende gesehen erschienen die Zellen rund; demnach waren sie runde, kurze Stäbchen geworden, die gänzlich den in der Natur gefundenen Stichococcus glichen, nur noch nicht wieder die ursprüngliche Dicke angenommen, sondern vielmehr die viel dickere Gestalt und Rhaphidiumform beibehalten hatten. In einigen Zellen war ein Zellkern deutlich zu erkennen; viele Zellen befanden sich in Theilung, welche durch senkrecht sich ansetzende Querwände erfolgte.

Selbst nach Verlauf von mehreren Monaten war die Grösse des aus 4 procentiger Chlornatriumlösung in reines Wasser zurückcultivirten Stichococcus noch nicht zu der ursprünglichen zurückgekehrt, sondern ziemlich unverändert geblieben. Die Cultur zeigte dabei ein frisches, kräftig grünes Aussehen; es fiel darin auf, dass die Zellen ihre Gallertschicht abgestossen haben mussten, denn es fanden sich reichliche Mengen von Gallertstückchen, welche frei in der Flüssigkeit schwammen (vgl. F. 8, 0%b).

Eine ähnliche Erscheinung war auch bei Tetraspora zu bemerken gewesen, als die Zellen aus starker Salzlösung in reines Wasser zurück cultivirt wurden.

Um nun zu constatiren, ob die aus Stichococcus durch Fütterung mit Chlornatrium entstandene, an Rhaphidium erinnernde Alge bei höherem Salzgehalt noch andere Veränderungen zeigen würde, wurde ein Theil der in 4 procentiger Salzlösung cultivirten Alge in eine 6 procentige und später aus dieser in eine 8 procentige Lösung gebracht. Selbst der Sprung von 4% direct auf 8% wurde so gut vertragen, dass sich die sonst bei sprungweiser Verstärkung der Salzlösungen oft auftretenden Krankheitserscheinungen nicht einmal spurenweise zeigten.

lungen finden nur in einer Richtung statt. — Stichococcus Naeg. weicht von obiger hauptsächlich durch den Mangel einer Gallerthülle ab."

Die in der Cultur 8 entstandenen Zellen übertrafen die der Cultur 4 fast um das Doppelte; sie zeigten einen körnigen Inhalt, in welchem das Chlorophyll zuweilen so vertheilt war, dass es nur eine Seite der Zelle einnahm, während die andere Seite farblos war; ausserdem hatten sie hie und da zwei oder mehrere Oeltröpfchen. Es schien als ob die Zellen sich noch häufiger in einer kreisförmigen Anordnung (zu vier) befanden, als bei schwächeren Concentrationen. Die bei Theilung der Zellen auftretende Scheidewand befand sich da, wo der stärkste Bogen war (vgl. Fig. 8, 8%).

Von der an 8% Chlornatrium angepassten Rhaphidiumform wurde ein Theil in 13procentige Lösung gebracht, und wurde auch dieser grosse Sprung noch gut vertragen. Die Zellen behielten nun aber dieselbe Dicke, welche sie schon in Cultur 8 erreicht hatten, bei. Auch bezüglich der Krümmung blieb es bei dem erreichten Zustande; die Länge der Zellen hatte aber hin und wieder abgenommen oder, mit anderen Worten, sie hatten sich schneller getheilt. Mithin trat auch hier bei Rhaphidium dieselbe Eigenthümlichkeit auf, wie sie schon an Tetraspora und anderen Algen nach Salzwirkung beobachtet war, nämlich, dass durch Chlornatrium die Theilungsvorgänge beschleunigt werden, das Wachsthum aber sich verlangsamt. Der Inhalt der Zellen wurde durch das sonst meist homogene, vertheilte Chlorophyll nicht mehr vollständig tingirt, sondern es war an einem oder mehreren Punkten angehäuft. Diese Chlorophyllnester befanden sich, wenn nur ein solches in der Zelle vorhanden war, in der Mitte, wenn zwei derselben auftraten, an den Enden der Zelle und auch bei Anwesenheit von mehreren waren dieselben den Zellenden genähert.

In einer weiterhin aus der Cultur 13 abgeleiteten Cultur 15 fanden sich schon viele abgestorbene Zellen, die zwar gänzlich farblos waren, aber noch die frühere Struktur der Membran erkennen liessen. Veränderungen an den lebenden Zellen liessen sich dagegen nicht nachweisen.

Zwischen 15 und 18% Chlornatrium starben die Culturen völlig ab, so dass nun das Maximum des zu ertragenden Salzgehaltes überschritten war.

Fasst man noch einmal die Hauptmomente, wie sie bei diesen Culturreihen hervortraten, zusammen, so ergibt sich Folgendes: Stichococcuszellen verdicken sich in regelmässiger Stufenfolge in 1—8procentiger Chlornatriumlösung. Während die Zellen anfangs nicht in Reihen liegen, macht sich bei 1- und noch mehr bei 2- und 4procentiger Lösung die Wirkung des Salzes dadurch bemerklich, dass durch die schnellere Theilung Zellreihen entstehen. In den Culturen von 2%

Kochsalz aufwärts tritt die Erscheinung der Krümmung hinzu. Durch das gleichzeitige Auftreten von Reihenbildung und Krümmung der Zellen entstehen dann Verbände, in denen vier gebogene Zellen (bei 4, 6 und 8% Chlornatriumgehalt) einen Kreis darstellen.

Als Beweis dafür, dass die so entstandenen Rhaphidiumformen lediglich durch Salzwirkung erzielt sind und dass bei Fortlassung des Salzes wieder die Stichococcusform entsteht, dient der Versuch, die an 4procentige Chlornatriumlösung angepasste Alge wieder in reinem Wasser zu cultiviren. Hierbei entstanden, wie wir sahen, wieder gerade und nicht zu Reihen verbundene Zellen, welche die ursprünglichen nur an Dicke noch übertreffen. Diese Ergebnisse stimmen also in hohem Grade mit den bei der Cultur von Tetraspora erhaltenen überein. Wille[1]) hebt die nahe Verwandtschaft der Pleurococcaceae mit den Tetrasporeae hervor; seine Ansicht wird durch das ähnliche Verhalten von Stichococcus und Tetraspora in meinen Culturen nur bestätigt.

Cladophora glomerata genuina.

Es ist bekannt (vgl. u. a. Wille in Engler und Prantl, „Cladophoraceae"), dass Cladophoraarten zu den in salzigem Wasser am meisten verbreiteten Chlorophyceae gehören; es lag somit nahe, zu untersuchen und war gewiss von ganz besonderem Interesse, wie sich eine in süssem Wasser gewachsene Art von Cladophora dem Chlornatrium gegenüber verhalten würde. Da nun aber bei den ersten in dieser Richtung angestellten Versuchen alle Culturen mit von verschiedenen Standplätzen wie zu verschiedener Zeit entnommenem Material immer schon nach einigen Tagen, selbst in fliessendem Wasser, durch Spaltpilze vernichtet wurden, so musste eine andere Culturmethode angewendet werden.

Diese gründete sich auf die bekannte Erfahrung, dass in Bewegung befindliches Wasser nicht oder doch viel schwieriger fault als stagnirendes.[2]) Gleichzeitig war zu berücksichtigen, dass durch stetige

1) Engler & Prantl, Pleurococcaceae von N. Wille S. 55: „Viele Pleurococcaceae zeigen grosse Aehnlichkeit mit anderen Familien, meist aber mit den Tetrasporeae, von denen wohl die meisten, durch Unterdrückung der Schwärmsporenbildung entstanden, herstammen dürften."

2) In dieser Erscheinung liegt einer der Gründe, wesshalb das Meerwasser nicht verdirbt, denn die auf grösseren Wasserflächen immer herrschenden Luftströmungen verursachen eine fortwährende Bewegung des Wasserspiegels.

Bewegung des Wassers die Verdunstung verstärkt wird und die Salzlösung infolge dessen immer concentrirter werden müsste, wenn dieselbe in offenen Culturgefässen verwendet würde; dieser Schwierigkeit wurde nun dadurch aus dem Wege gegangen, dass die Cladophora in Glaskolben cultivirt wurde, welche durch einen doppelt durchgebohrten Kork verschlossen waren. Durch die beiden Korköffnungen waren Glasröhren derartig hineingeführt, dass man im Stande war, vermittelst einer durch Wasserdruck arbeitenden Luftpumpe einen continuirlichen Luftstrom durch die Flüssigkeit zu saugen. Die Luft wurde durch Watte filtrirt und konnte durch eine ganze Reihe mit einander verbundener Flaschen gesogen werden. Bei der so bewirkten starken Luftzufuhr wuchsen in der durch die aufsteigenden Blasen stets bewegten Flüssigkeit die Algen Monate lang in vortrefflicher Weise.

Die in Cultur genommene Cladophora glomerata ist eine der am meisten verbreiteten Arten. Sie zeigte sich aber gänzlich ungeeignet, auch nur in 0,5procentiger Salzlösung längere Zeit zu wachsen. Schon nach einigen Wochen war die Farbe des Chlorophylls theilweise eine gelbliche (Farbe 131) geworden, und die Membran zeigte mehr oder weniger starke Verquellungen, wodurch die derselben eigene Schichtung aufs Deutlichste sichtbar wurde. In der aus der schwächeren Salzlösung allmählich herangebildeten Cultur mit 1procentiger Chlornatriumlösung war nach Verlauf von einem Monate das Protoplasma gelb und von krankem Aussehen. Es war Plasmolyse erfolgt und auch die nach solcher oft auftretende Neubildung einer Zellulosemembran um den contrahirten Zellinhalt konnte in vielen Fällen wahrgenommen werden. Hauptsächlich dort, wo die Plasmakörnchen weniger dicht lagen und mehr homogenes Plasma den Plasmaschlauch bildete, bemerkte man die neue Zellhaut als einen äusserst fein geschichteten Bogen über die betreffende Stelle hinweg gehen.

Von dieser Erscheinung einer Neubildung der Membran in plasmolysirten Zellen hat namentlich G. Klebs in seinem Aufsatz „Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle“ [1]) berichtet. Er hatte sie nach Plasmolyse beobachtet, welche durch Zucker hervorgerufen wurde, und schildert die entstandene Membran bei Cladophora als aus „mehreren eingeschachtelten Häuten“ bestehend. Es scheint demnach, dass eine Neubildung der Membran auch nach Einwirkung anderer, die Plasmolyse bewirkenden Mitteln auftritt, denn es liegt ausser Zweifel, dass

1) Bericht der bot. Gesellschaft No. 19 S. 181.

die durch Zucker wie durch Kochsalz erzielten Neubildungen identische Erscheinungen sind. Die durch Chlornatrium plasmolysirten Zellen vermochten sich selbst in der 0,5 procentigen Lösung nicht länger als etwa $1^1/_2$—2 Monate lebend zu erhalten; in 2 und 3 % Salz starb die Cladophora noch früher ab.

Hier mag noch die Beschreibung einer Erscheinung Platz finden, welche bei solchen Culturen der Cladophora im Wasser beobachtet wurde, durch welches permanent Luft gesogen war, obgleich das Chlornatrium dabei keine Rolle spielt.

Wie bei allen angesetzten Culturen, so war auch hier ein Controlgefäss, das die Cladophora in Wasser enthielt (vgl. T. II, Fig. 14), vorhanden. Der Cultur war nur die nöthige Menge Nährlösung zugefügt.

Der mit dieser Cultur versehene Kolben befand sich auch mit in der Reihe derjenigen, durch welche Luft gepumpt wurde. Die Cladophora zeigte darin andauernd ein schönes, kräftig grünes Aussehen und viele Endzellen waren angeschwollen, um Zoosporangien zu werden. Die Chlorophyllkörner waren zum Theil recht gross; es fanden sich solche, die 4—5 μ maassen. Die Dicke der Zellen blieb unverändert. An der Innenseite der Membran aber zeigten sich nach etwa einem Monate, hauptsächlich in den jüngeren Zellen der Aeste, eigenthümliche, leistenartige Vorsprünge, welche die Zellen der Quere nach ganz oder theilweise, kreis- oder bogenförmig umgürteten. Die Aussenseite der Membran war dabei vollständig glatt und zeigte in einigen Zellen im Inneren auch nur auf einer Seite derartige Gebilde. Bei den meisten Zellen aber trat die Erscheinung auf allen Seiten zugleich auf; die Querwände dagegen waren immer frei von diesen Vorsprüngen. Diese leistenartigen Verstärkungen correspondirten nicht immer mit einander an den gegenüberliegenden Seiten der Wandung, meistens entsprachen nur unscheinbare Vorsprünge den gegenüberliegenden kräftigeren Verstärkungen (vgl. T. II, Fig. 15 a u. b).

Ueber die Bedeutung dieser Bildungen könnte man sich folgende Vorstellung machen.

Verdickungen der Membran dienen im Allgemeinen dazu, diese zu versteifen. Obgleich die Membran der Cladophora ziemlich dick und mehrschichtig ist, was sich besonders nach der Quellung zeigt, so scheint sie doch äusserst schwach zu sein. Diese Weichheit wird besonders dann augenfällig, wenn es sich darum handelt, Dauerpräparate mit Hilfe irgend eines Mittels (2 procentige Essigsäure, Glycerin

etc.) herzustellen, welches eine Contraction des Zellinhaltes bewirkt. Die Membran ist so zart, dass sie, sobald der Turgor nachlässt, faltig zusammenschrumpft. Die Herstellung der Dauerpräparate gelang mir bei der in Rede stehenden Pflanze erst dann, nachdem der Inhalt gehärtet war. Durch die beschriebenen Querleisten werden nun sehr wirksame Ausspreizungen für die Membran gebildet und die so versteiften Zellen lassen sich in der That auch schon ohne Härtung des Inhaltes einschliessen, ohne dass die Membran ihre Gestalt einbüsst.

Bezüglich der Ursachen für die Entstehung der Leisten wäre es möglich, dass die durch die aufsteigenden Luftblasen in dem Kolben bewirkte Bewegung eine zu kräftige gewesen wäre; die unausgesetzt in dem Glase hin- und hergeworfenen Algen schützen sich dann durch die Querleisten vor allzuhäufigem Einknicken der schwachen Membran. Man darf also wohl annehmen, dass die Pflanze, auf den durch die vermehrte Wasserbewegung ausgeübten Reiz durch Versteifung der Membran reagirt.

Anderseits könnte auch die vermehrte Luftzufuhr hierbei eine Rolle spielen, welche möglicherweise eine erhöhte Herstellung von Kohlenhydraten zur Folge hat, die sich theilweise in Form von leistenartigen Cellulosemassen ablagern.

Träfe dies zu, so müsste man auch in freier Natur, wo ähnliche Vegetationsbedingungen herrschen (starke Bewegung des Wassers und vermehrter Luftzutritt), also z. B. unter kleinen Wasserfällen, ähnliche Verstärkungen der Zellmembranen bei Cladophora erwarten dürfen.

Meine bisherigen in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen ergaben jedoch ein negatives Resultat. Da nun aber ein zweiter Versuch mit der nämlichen Species in gleicher Weise mehrere Monate später angestellt, genau dasselbe Resultat ergeben hat, so darf das Eintreten der Verdickung in der That als Wirkung der lebhafteren Wasserbewegung und der stärkeren Luftzufuhr aufgefasst werden.

Andere Algen.

Nachdem im Vorhergehenden das Verhalten einiger Algen, welche in Salzwasser leben können und dabei theilweise eine Gestaltsveränderung erleiden, beschrieben wurde, erübrigt es noch, einen Blick auf solche Arten zu werfen, die bisher noch nicht besprochen wurden.

Freilich liegen bezüglich derselben keine planmässigen Untersuchungen vor, welche in allen Fällen ein präcises Resultat ergeben hätten, vielmehr handelt es sich hier meist nur um Beobachtungen,

welche nebenher gemacht wurden und zum Theil unvollständig sind, oder um das Verhalten solcher Species, die sich gar nicht oder nur schwierig und nur an geringe Salzconcentrationen gewöhnen lassen. Immerhin werden die nachstehenden Angaben die Vorstellung, welche man von der Anpassungsfähigkeit der Algen an Kochsalz gewinnt, ergänzen können.

Cyanophyceae.

Neben den bereits erwähnten Species wurde noch eine Glococapsa in Salzlösung cultivirt. Sie hatte sich in verschiedenen Culturen gefunden und zeigte noch Existenzfähigkeit bis zu 6 procentiger Lösung, worin sie etwa fünf Monate lebte. In concentrirteren Lösungen starb sie bedeutend früher ab, in 3 procentiger aber hat sie sich bis jetzt, fast ein Jahr, erhalten.

Eine neben andern Algen vorkommende Rivularia mühte sich mit der Anpassung an 3% Salz augenscheinlich sehr ab und bildete darin öfter 3—4 Heterocysten, die dicht hinter einander lagen. Während sie ferner in 4 procentiger Lösung bald starb und farblos wurde, wuchs sie in 2 procentiger länger als ein Jahr.

Auf die

Diatomaceae

ist in dieser Arbeit wenig eingegangen; da sie überall verbreitet sind, so wurden sie viel angetroffen; im Allgemeinen ertrugen sie eine 10 procentige Lösung länger als einen Monat und fanden sich über ein Jahr lang lebendig in Culturen mit 7% Kochsalz.

Manche derselben sind ohne Zweifel sehr anpassungsfähig und eines eingehenderen Versuches werth. Vielleicht geben sie über manche an anderen Algen nicht oder nur ungenügend beantwortete Fragen sogar besseren Aufschluss, da nicht wenige Arten sowohl im Meere wie in den Binnengewässern vorkommen.

Chlorophyceae.

Von den Conjugaten wurden Zygnema und Mesocarpus bereits oben erwähnt. Spirogyren vermochten selbst 0,5 procentige Chlornatriumlösung nicht gut zu ertragen; es fanden sich zwar darin noch nach sieben Monaten einige lebende Zellen, aber der grösste Theil war doch schon frühzeitig abgestorben. Spirogyren sind überhaupt äusserst empfindliche Pflanzen. Die Desmidiaceae zeigten sich theilweise geeignet, wenigstens einige Zeit in Salzlösungen ohne Eintritt von Plasmolyse zu vegetiren. Ein Cosmarium lebte in 4 procentiger Salzlösung zwei Monate, selbst 8% wurden einen Monat lang ertragen.

In einer 5procentigen Cultur fanden sich nach sieben Monaten noch eine Anzahl lebender Zellen. In 2procentiger Chlornatriumlösung bildete Cosmarium nach vier Monaten noch Zygosporen und lebt bis zum Schluss dieser Untersuchung ($8^1/_2$ Monate) darin.

Die zu der Gruppe der Zoosporeen gehörenden Arten Tetraspora, Stichococcus und Chlorella sind oben bereits ausführlicher besprochen. Viel weniger hoch als diese passte sich Gloeocystis an, die in $1^1/_2$procentiger Lösung freilich lange Zeit, in 2procentiger aber nur $4^1/_2$ Monat und in 4procentiger gar nur zwei Monate zu leben vermochte. Bei Chaetophora lagen die Grenzen der Existensfähigkeit in Kochsalzlösungen etwas höher als bei der oben erörterten Cladophora. Chaetophora pisiformis wuchs in 2procentiger Salzlösung über sechs Monate lang, sie starb bei 4 % in drei Monaten ab und bei 6 % schon nach $^1/_3$ Monat. Die Siphonaceae und Oedogoniaceae erwiesen sich als gänzlich ungeeignet für Salzculturen. Vaucheria starb nach wenigen Tagen in 0,5procentiger Lösung und hielt es auch in 0,25procentiger nicht länger aus. Oedogonium und Bulbochaete lebten in 0,5procentiger Lösung $^1/_2$ Monat und starben in 1 % Salz schon nach wenigen Tagen ab.

Chara blieb in 0,5procentiger Salzlösung über ein Jahr frisch und entwickelte neue Zweige; in 1procentiger Lösung starb sie aber schon nach 4—5 Monaten ab.

In einem Culturglase mit 2procentiger Kochsalzlösung, welches schon seit März 1889 im botanischen Museum gestanden hatte und mir zur Verfügung gestellt wurde, fanden sich nach $2^1/_2$ Jahren noch folgende Arten lebend: Oscillaria, Anabaena, Lyngbya, Spirulina oscillaroides, Rhaphidium und Chlorella vulgaris.

Bezüglich etwaiger Veränderungen konnten diese Species nicht beurtheilt werden, weil sie früher nicht gezeichnet waren. Sie waren von dem natürlichen Standorte direct in Salzlösung gebracht worden.

Anpassungen in freier Natur.

Es ist eine auffällige Erscheinung, dass sich, abgesehen von gewissen Diatomeen, so wenige Algenspecies gleichzeitig im Meere und in den Gewässern des Binnenlandes finden. Als Grund dafür, dass die durch die Flüsse oder sonst irgendwie aus dem Süsswaser in das Meer gelangenden Algen sich dort nicht im Laufe der Jahrhunderte

eingebürgert haben, mag zum Theil der zu jähe Uebergang aus dem salzfreien oder salzarmen in das salzreiche Medium gelten. Die Strömung der Flüsse an ihren Mündungen ist häufig zu stark, als dass ein Vermischen der beiden verschiedenen Wässer in für die Algen geeigneter Weise eintreten könnte und die durch die Flüsse zugeführten Algen werden, bevor sie sich anpassen können, in das salzreiche Meer hinausgetrieben, wo sie wegen des zu raschen Ueberganges zu Grunde gehen.

Zwar bildet das Brackwasser einen Uebergang vom Süsswasser zum Meerwasser, der Salzgehalt liegt dort zwischen beiden Extremen.

Es wäre also anzunehmen, dass die Bedingungen zur Anpassung von Algen an Kochsalz hier günstiger sein müssten; aber im Brackwasser tritt ein anderer Umstand auf, welchen F. Oltmanns kürzlich in seinem Aufsatz „Ueber die Bedeutung der Concentrationsänderungen des Meerwassers für das Leben der Algen“ [1]) erörtert.

Er erwähnt darin die rasche Veränderung des Salzgehaltes im Meerwasser und ermittelt, dass diese besonders an Orten, an welchen sie zur Regel wird (Ostsee z. B.), eine bedeutende Verarmung der Flora herbeiführt. Der Wechsel des Salzgehaltes aber ist, wie Oltmanns ebenfalls durch Zahlen an einem bestimmten Beispiel beweist, gerade im Brackwasser ziemlich bedeutend, so dass auch hier die Anpassungsbedingungen für Algen wenig günstig erscheinen.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Es gibt nicht wenige Arten von Süsswasseralgen, welche sich bei Zusatz von Nährlösungen an geringere oder grössere Kochsalzmengen anzupassen vermögen. Die im Vorstehenden untersuchten Species gehören theils zu den blaugrünen, theils zu den grünen Algen, und zwar zu den Gruppen der Cyanophyceae, Diatomeae und Chlorophyceae.

Aus der ersten Gruppe wurden erörtert: Oscillaria, Spirulina, Anabaena, Rivularia und Glococapsa.

Von den Chlorophyceen führt vorliegende Arbeit auf: Zygnema, Mougeotia, Spirogyra, Chlorella, Stichococcus (Rhaphidium), Tetraspora, Chaetophora, Cladophora und schliesslich Vaucheria, Oedogonium und Chara.

Je höher die Organisation einer Algenspecies, desto schwieriger erscheint im Allgemeinen die Anpassung: Chara, Vaucheria, Oedo-

1) Sitzungsbericht der kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1891 S. 193.

gonium und Spirogyra passen sich weniger hoch und weniger rasch an als Oscillaria, Chlorella, Stichococcus und Tetraspora.

Bei allen oben näher beschriebenen Culturen von Algen in abgestuften Kochsalzlösungen trat eine Vergrösserung der Zellen ein, welche mit der Verstärkung der Salzlösung parallel ging und anfangs schnell zunahm, dann aber bei einer für jede Art bestimmten Grenze ihren Stillstand erreichte. Dieser Grenzpunkt lag zuweilen weit unter dem höchsten Concentrationsgrade, welchen die Alge überhaupt zu ertragen vermochte. Die Steigerung auf hohe Salzprocente musste bei Beginn einer jeden Cultur zunächst allmählich erfolgen bis die Algen sich überhaupt erst an geringe Salzquantitäten gewöhnt hatten; später wurde auch ein grösserer Sprung von schwächerer zu stärkerer Concentration meistens ohne Schaden ertragen. Material von einem natürlichen, salzhaltigen Fundorte passte sich leichter an höhere Concentrationen an, als solches von salzfreiem Standort.

Bei Rhaphidium und Anabaena erfährt die äussere Gestalt, bei Tetraspora die Theilungsweise eine Veränderung.

Mougeotia zeigt zuerst ein sich in Missgestaltung der Zellen äusserndes Krankheitsstadium, welches aber bei vorschreitender Anpassung überwunden wird, so dass späterhin wieder normale Zellen ausgebildet werden.

Im Zellinhalt tritt bei allen Species, wenn die Steigerung des Kochsalzgehaltes zu schnell vollführt wird, Verfärbung des Chlorophylls in gelb und braun ein. Diese Farben verschwinden aber langsam wieder und treten bei allmählich vollführter Anpassung überhaupt nicht auf.

Plasmolyse wurde nur dann wahrgenommen, wenn die Anpassung zu gewaltsam verlangt wurde; bei langsamem Steigen des Kochsalzgehaltes erfolgte dieselbe nicht.

Die bei Beginn der Cultur aufgespeichert gewesene Stärke wird bei der ersten Anpassung zunächst verzehrt, so dass das Protoplasma dann mehr homogen erscheint. Nach vollständig durchgeführter Anpassung wird hierauf wieder Stärke gebildet, die indessen bei stärkeren Concentrationen abermals aufgezehrt werden kann.

In diesem Umstande, wie auch in der Thatsache, dass sich in der an grosse Salzmengen angepassten Tetraspora noch Schwärmerbildung zeigt, liegt der beste Beweis dafür, dass manche Süsswasseralgen sich nicht bloss für kurze Zeit an Salzlösungen gewöhnen, sondern auch in solchen zu assimiliren, zu wachsen und sich fortzupflanzen vermögen.

Das Resultat, zu welchem A. F. W. Schimper[1]) bei höheren Pflanzen gelangte, dass nämlich Salzlösungen „die Assimilation derart beeinträchtigen, dass Stärke und Zucker in nachweisbarer Menge nicht mehr erzeugt, Wachsthum, Blütenbildung etc. ganz oder nahezu sistirt werden, obwohl die Pflanze fortexistiren kann . . .“ trifft für manche Algen demnach nicht zu.

Erklärung der Abbildungen.

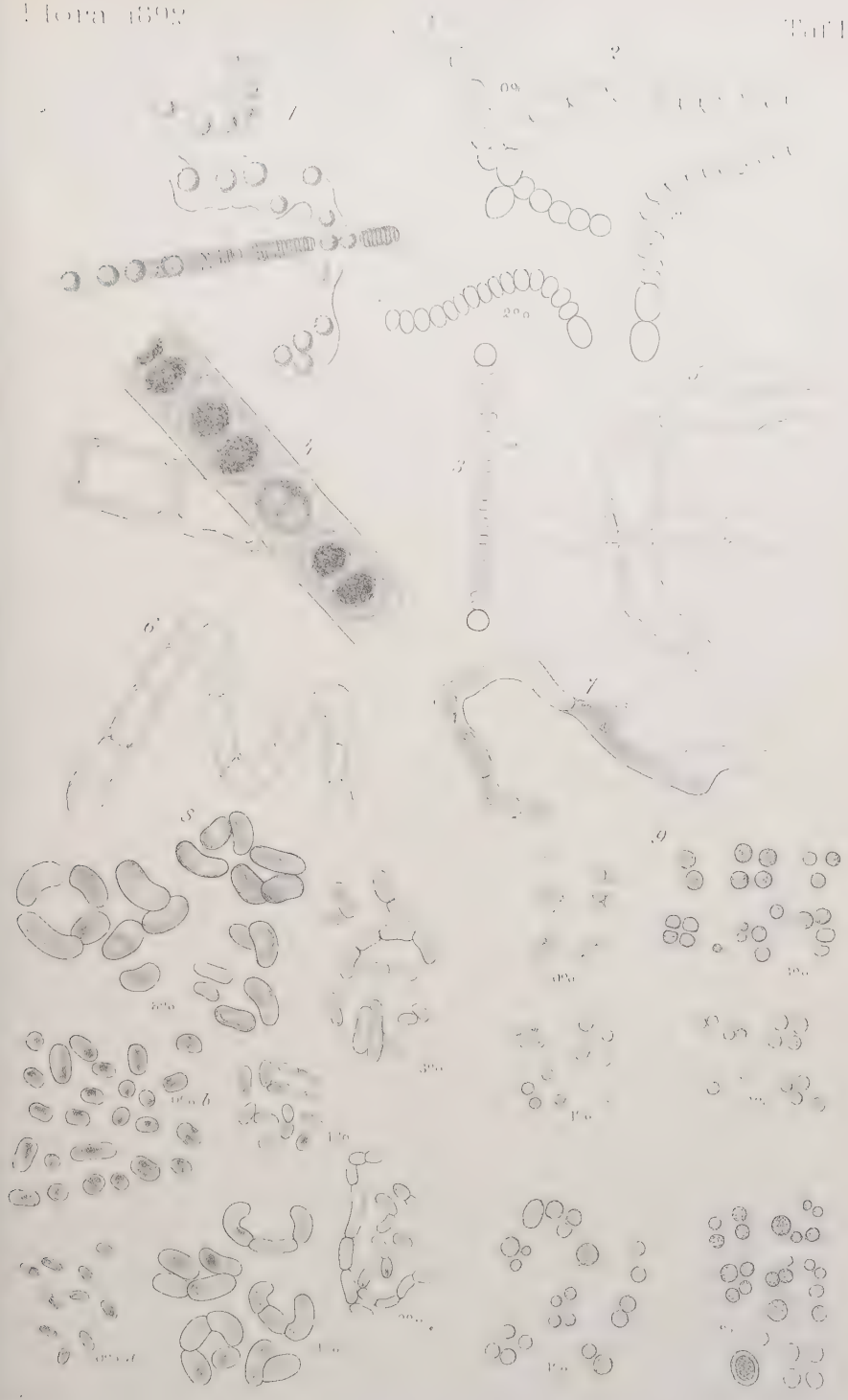
Tafel I.

Fig. 1. Oscillaria Frölichii Kg. in 5% Salz cultiv. ($^1/_2$ der 410/1 Vergr.)
Fig. 2. Anabaena flos aquae ohne Salz. (Vergr. 410/1).
„ „ „ 1% „ „
„ „ „ 2% „ „
Fig. 3. „ „ „ 3% „ „
Fig. 4. a) Zygnema stellinum gen. 2% Salz. ($^1/_2$ der 300/1 Vergr.)
b) „ „ „ 4% „ „
Fig. 5. Mougeotia laevis Archer 2% Salz. ($^1/_2$ der 410/1 Vergr.)
Fig. 6. „ „ „ 0% „ „
Fig. 7. „ „ „ 2% „ „
Fig. 8. Stichococcus. (Rhaphidiumform). 4% Salz. (Vergr. 750/1).
„ 3% „ „
„ 2% „ „
„ 1% „ „
(Stichococcusform) 0% (a) Salz „
aus 4% Salz in 0% cultiv. 0% (b) „ „
„ 4% „ „ 8% „ 8% „ „
Fig. 9. Tetraspora explanata 0% Salz. (Vergr. 410/1).
„ „ 1% „ „
„ „ 2% „ „
„ „ 3% „ „
„ „ 4% „ „
„ „ 5% „ „

Tafel II.

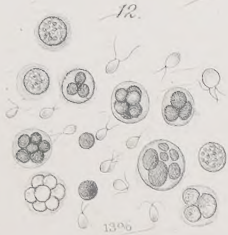
Fig. 10. Tetraspora explanata. 6% Salz. (Vergr. 410/1).
Fig. 11. a) „ „ 8% „ „
b) „ „ 11% „ „
Fig. 12. „ „ 13% „ „
Fig. 13. aus 11% Salz in 0% cultiv. 0% „
Fig. 14. Cladophora glomerata, natürlich. ($^1/_2$ der Vergr. 300/1).
Fig. 15a u. b „ „ in Wasser cultiv. durch „ welches Luft gesogen wurde.

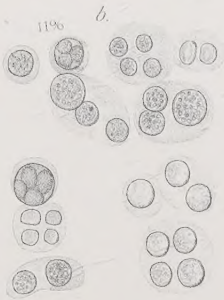
1) A. F. W. Schimper, Die indo-malayische Strandflora p. 26.

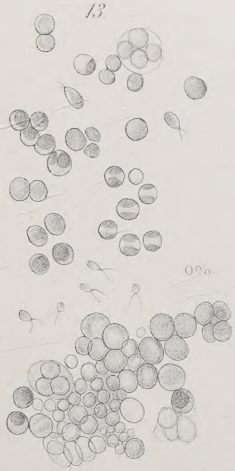


10
6%

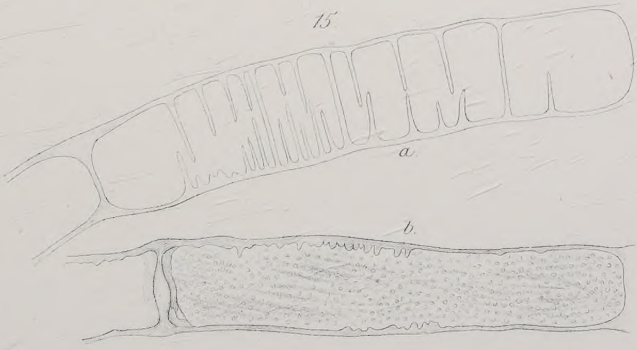
11
a
8%


12
13%


b
11%


13
0%

14


15
a
b